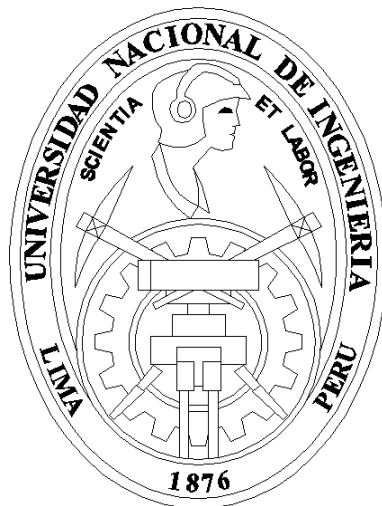


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**ANÁLISIS DE MEJORA DE LA CONFIABILIDAD DE LOS
SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA DE ALTA
DENSIDAD DE CARGA**

TESIS

PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS

MENCIÓN: SISTEMAS DE POTENCIA

PRESENTADO POR

RUBÉN SEGUNDO COLLANTES VÉLIZ

LIMA – PERÚ

2010

RESUMEN

La tesis presenta un análisis de mejora de la confiabilidad de los sistemas de distribución eléctrica de alta densidad de carga del Perú, con la finalidad de establecer sus indicadores System Average Interruption Frequency Index (SAIFI) y System Average Interruption Duration Index (SAIDI), que respondan a un equilibrio óptimo entre costo y confiabilidad.

El análisis se realiza sobre alimentadores en media tensión representativos de los sistemas mencionados, considerando como mejoras diversas opciones de colocación de equipos de protección y seccionamiento y alimentaciones alternativas.

Para la determinación de los indicadores se utiliza las técnicas básicas de evaluación de la confiabilidad con una extensión que divide el tiempo de reparación de una falla en función de las distintas operaciones que se llevan a cabo para reparar la misma y reponer el servicio eléctrico.

Con los resultados se configura la relación entre costo y confiabilidad, determinándose su equilibrio óptimo con la ayuda del método trade-off/risk. A partir de dicho equilibrio se establece los indicadores SAIFI y SAIDI óptimos, así como el costo que implica alcanzar los mismos.

ABSTRACT

In this thesis, an analysis of reliability improvement of Peruvian high load density electric distribution systems is presented with the aim of establishing their technical reliability indicators such as the System Average Interruption Frequency Index (SAIFI) as well as System Average Interruption Duration Index (SAIDI), focused on the optimal equilibrium that involves cost and reliability.

The analysis is performed on the representative medium voltage feeders of the previous mentioned systems, including improvements such as different options of protection and sectionalizing devices placement and alternative feeders.

In order to determine the indicators, basic techniques of reliability evaluation are used. Those techniques include an extension that divide a fail reparation time as a function of the different operations utilized for repairing it and putting back the electric service.

Taking into consideration the results, a relation between cost and reliability is established, determining its optimum equilibrium using the trade-off/risk method. From that equilibrium, optimal SAIFI and SAIDI indicators are established as well as the cost for achieving them.

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción.....	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Calidad de Suministro	2
1.2.1 Indicadores Individuales o del Cliente	3
1.2.2 Indicadores Globales o del Sistema	3
1.2.3 Aplicación de los Indicadores	7
1.3 Calidad de Suministro en el Perú.....	11
1.4 Planteamiento del Problema	14
1.5 Objetivo	15
1.6 Alcances y Limitaciones	15
1.7 Metodología de Desarrollo	16
2. Marco Teórico.....	18
2.1 Introducción.....	18
2.2 Sistema de Distribución Eléctrica.....	19
2.2.1 Aspectos de Diseño y Construcción.....	19
2.2.1.1 Sistema de Distribución Primaria	21
2.2.1.2 Subestaciones de Distribución	23
2.2.1.3 Sistema de Distribución Secundaria.....	24
2.2.2 Aspectos Operativos y de Mantenimiento	24
2.2.2.1 Operación	25
2.2.2.2 Mantenimiento	25
2.2.2.3 Contingencias.....	26
2.2.3 Mercado Eléctrico.....	28
2.3 Evaluación de la Confiabilidad	28

2.3.1	Técnicas Básicas	28
2.3.1.1	Teoría de los Procesos Continuos de Markov.....	29
2.3.1.2	Teoría de los Sistemas Serie	30
2.3.1.3	Técnicas de Frecuencia y Duración	31
2.3.2	Técnica de División del Tiempo de Reparación	33
2.3.3	Determinación de los Indicadores SAIFI y SAIDI	35
2.3.4	Modelamiento del Sistema de Distribución Eléctrica.....	36
2.4	Método Trade-Off/Risk	36
2.4.1	Definiciones.....	37
2.4.2	Etapas	39
2.4.2.1	Formulación del Problema.....	39
2.4.2.2	Generación de Escenarios	40
2.4.2.3	Análisis Trade-Off.....	41
2.4.2.4	Análisis Risk	44
3.	Análisis de Mejora de la Confiabilidad	46
3.1	Selección de Alimentadores Representativos.....	46
3.1.1	Información Técnica y Comercial de los Alimentadores.....	47
3.1.2	Estratificación de los Alimentadores.....	47
3.1.3	Alimentadores Representativos.....	50
3.2	Evaluación de la Confiabilidad	51
3.2.1	Modelamiento del Sistema de Distribución Eléctrica.....	51
3.2.2	Opciones de Mejora de la Confiabilidad.....	53
3.2.3	Parámetros de Cálculo	55
3.3	Resultados Análisis de Confiabilidad	57
3.3.1	Muy Alta Densidad de Carga.....	57
3.3.2	Alta Densidad de Carga 1	60
3.3.3	Alta Densidad de Carga 2	62
3.3.4	Media Densidad de Carga.....	64
3.3.5	Baja Densidad de Carga	66
3.4	Resultados Trade-Off/Risk	69
3.4.1	Determinación del Equilibrio Óptimo	69
3.4.1.1	Opciones	70

3.4.1.2	Incertidumbres.....	70
3.4.1.3	Escenarios.....	70
3.4.1.4	Atributos	71
3.4.2	Muy Alta Densidad de Carga.....	71
3.4.3	Alta Densidad de Carga 1	74
3.4.4	Alta Densidad de Carga 2	75
3.4.5	Media Densidad de Carga.....	76
3.4.6	Baja Densidad de Carga	78
3.5	Resumen	79
4.	Conclusiones, Aportes y Recomendaciones.....	81
4.1	Conclusiones.....	81
4.2	Aportes	83
4.3	Recomendaciones.....	83
5.	Bibliografía.....	85
6.	Anexos	88
6.1	Anexo N° 1: Información Técnica y Comercial de los Alimentadores	88
6.2	Anexo N° 2: Alimentadores según su Densidad de Carga Lineal	96
6.3	Anexo N° 3: Mapas de los Alimentadores Representativos.....	104
6.4	Anexo N° 4: Opciones de Mejora de la Confiabilidad	110
6.4.1	Alimentadores Subterráneos.....	111
6.4.2	Alimentadores Aéreos	112
6.4.3	Alimentadores Mixtos	114
6.5	Anexo N° 5: Parámetros de los Alimentadores Representativos	118
6.5.1	Muy Alta Densidad	118
6.5.2	Alta Densidad 1	120
6.5.3	Alta Densidad 2	122
6.5.4	Media Densidad	124
6.5.5	Baja Densidad.....	130

LISTA DE TABLAS

Tabla 1-1: Valores Límite SAIFI y SAIDI para Lima Metropolitana _____	12
Tabla 3-1: Análisis Descriptivo de la Variable Densidad de Carga Lineal _____	48
Tabla 3-2: Análisis Descriptivo de la Variable Densidad de Carga Lineal por Estrato _____	49
Tabla 3-3: Rangos de los Estratos según la Variable Densidad de Carga Lineal ____	50
Tabla 3-4: Alimentadores Representativos _____	50
Tabla 3-5: Tasa de Falla (λ) de los Componentes _____	56
Tabla 3-6: Tiempo de Reparación (r) de los Componentes _____	56
Tabla 3-7: Parámetros de Otras Operaciones para la Reparación de una Falla ____	56
Tabla 3-8: Costo de Equipos de Protección y Seccionamiento _____	57
Tabla 3-9: Evaluación de la Confiabilidad – Muy Alta Densidad de Carga _____	58
Tabla 3-10: Evaluación de la Confiabilidad – Alta Densidad de Carga 1 _____	60
Tabla 3-11: Evaluación de la Confiabilidad – Alta Densidad de Carga 2 _____	63
Tabla 3-12: Evaluación de la Confiabilidad – Media Densidad de Carga _____	65
Tabla 3-13: Evaluación de la Confiabilidad – Baja Densidad de Carga _____	67
Tabla 3-14: Escenarios para la Evaluación de Costo y Confiabilidad _____	70
Tabla 3-15: Opciones Robustas – Muy Alta Densidad de Carga _____	73
Tabla 3-16: Opciones Robustas – Alta Densidad de Carga 1 _____	75
Tabla 3-17: Opciones Robustas – Alta Densidad de Carga 2 _____	76
Tabla 3-18: Opciones Robustas – Media Densidad de Carga _____	77
Tabla 3-19: Opciones Robustas – Baja Densidad de Carga _____	79
Tabla 3-20: Indicadores de Confiabilidad por Alimentadores Representativos ____	79
Tabla 3-21: Indicadores de Confiabilidad SAIFI y SAIDI – Lima Norte _____	80
Tabla 3-22: Indicadores de Confiabilidad SAIFI y SAIDI – Lima Sur _____	80
Tabla 3-23: Indicadores de Confiabilidad SAIFI y SAIDI – Total _____	80
Tabla 4-1: Indicador I del Equilibrio Óptimo entre Costo y Confiabilidad _____	82

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1: Porcentaje de Uso de Indicadores de Confiabilidad en los EEUU _____	8
Figura 1-2: Resultados del SAIFI en los EEUU _____	9
Figura 1-3: Resultados del SAIDI en los EEUU _____	9
Figura 1-4: Indicador NIEPI en España _____	10
Figura 1-5: Indicador TIEPI en España _____	11
Figura 1-6: Compensaciones por la Calidad de Suministro _____	12
Figura 1-7: SAIFI de Lima Metropolitana _____	13
Figura 1-8: SAIDI de Lima Metropolitana _____	13
Figura 1-9: SAIFI y SAIDI de Lima Metropolitana versus Valores Límite _____	14
Figura 2-1: Sistema de Distribución Eléctrica _____	20
Figura 2-2: Alimentador en Media Tensión _____	21
Figura 2-3: Topologías Típicas de Alimentadores en Media Tensión _____	23
Figura 2-4: Sistema de Distribución Secundaria _____	24
Figura 2-5: Ejemplos de Fallas en un Sistema de Distribución Eléctrica _____	26
Figura 2-6: Proceso Continuo de Markov de un Sistema con dos Estados _____	29
Figura 2-7: Sistema Serie de n Componentes _____	30
Figura 2-8: Ciclo de Operación-Falla de un Sistema _____	31
Figura 2-9: Modelamiento del Sistema de Distribución Eléctrica _____	36
Figura 2-10: Método Trade-Off/Risk o de Compromiso/Riesgo _____	37
Figura 2-11: Análisis Trade-Off – Relación Tipo A _____	42
Figura 2-12: Análisis Trade-Off – Relación Tipo B _____	42
Figura 2-13: Análisis Trade-Off – Relación Tipo C _____	43
Figura 2-14: Análisis Trade-Off – Relación Tipo D _____	44
Figura 2-15: Evaluación de Atributos con el Método Trade-Off/Risk _____	45
Figura 3-1: Histograma de Frecuencia de la Variable Densidad de Carga Lineal _____	48
Figura 3-2: SAIFI, SAIDI y ENS versus Costo – Muy Alta Densidad de Carga _____	58
Figura 3-3: SAIFI, SAIDI y ENS versus Costo – Alta Densidad de Carga 1 _____	61
Figura 3-4: SAIFI, SAIDI y ENS versus Costo – Alta Densidad de Carga 2 _____	63

Figura 3-5: SAIFI, SAIDI y ENS versus Costo – Media Densidad de Carga _____	65
Figura 3-6: SAIFI, SAIDI y ENS versus Costo – Baja Densidad de Carga _____	67
Figura 3-7: Resultados – Muy Alta Densidad de Carga _____	71
Figura 3-8: Resultados – Alta Densidad de Carga 1 _____	74
Figura 3-9: Resultados – Alta Densidad de Carga 2 _____	75
Figura 3-10: Resultados – Media Densidad de Carga _____	77
Figura 3-11: Resultados – Baja Densidad de Carga _____	78

1. Introducción

1.1 Antecedentes

En los años ochenta, a nivel mundial se inició un proceso de reestructuración y regulación de la industria eléctrica, a efectos de fomentar su desarrollo. Como parte de dicho proceso, en la actividad de generación se introdujo mecanismos de libre mercado o de competencia mientras que las actividades de transmisión y distribución, se consideraron como monopolios naturales que debían ser regulados. De esta forma, se desarrollaron esquemas de regulación que fomentaron la eficiencia, lo que originó un fuerte incentivo a la reducción de costos. En consecuencia, la calidad del servicio eléctrico, fuertemente relacionada con las inversiones y prácticas de mantenimiento de las empresas eléctricas, fue afectada. Así, se hicieron necesarias regulaciones específicas sobre la calidad del servicio eléctrico, estando las empresas eléctricas obligadas a ofrecer sus productos y servicios con unos niveles mínimos de calidad que, en caso de no ser cumplidos, dan lugar al pago de compensaciones y penalidades.

La calidad de servicio eléctrico comprende los siguientes aspectos: i) la calidad de suministro o confiabilidad del sistema eléctrico, relacionada con las interrupciones; ii) la calidad de producto, relacionada con el nivel de tensión y las perturbaciones de dicha tensión, tales como flicker, armónicos, etc.; y iii) la calidad comercial, relacionada con la facturación, atención comercial, reclamos, etc.

De estos, la calidad de suministro es el aspecto más inmediato y evidente, el que más se ha estudiado. Hasta hace poco tiempo era el único aspecto fundamental de la calidad del servicio eléctrico. Históricamente, se han destinado mayores recursos a los sistemas de generación y transmisión que a los sistemas de distribución, debido a que una interrupción en los primeros puede tener graves consecuencias, ya que la zona afectada suele ser muy

grande. En cambio, en los sistemas de distribución una interrupción no afecta a gran número de clientes. El resultado es que, actualmente, la mayoría de los problemas de confiabilidad son debidos a interrupciones en los sistemas de distribución.

La estrategia más seguida por las empresas distribuidoras para mejorar la confiabilidad de sus sistemas de distribución es la automatización. Las inversiones necesarias para mejorar la confiabilidad de un alimentador del sistema de distribución son relativamente pequeñas. Sin embargo, una mejora global del sistema de distribución implica un gran número de inversiones pequeñas que se convierten en una gran inversión.

1.2 Calidad de Suministro

La calidad de suministro está referida a la existencia o no de tensión en un punto de entrega¹. Cuando la tensión desaparece en el punto de entrega, se dice que hay una interrupción del suministro.

Un aspecto importante de la calidad de suministro es la forma de medirla, para lo cual se utilizan indicadores. No existe un indicador que sea capaz de medir la calidad de suministro total. Es necesario medir una característica de interés con un indicador asociado, lo cual conlleva a la existencia de multitud de indicadores. Dependiendo de la utilización que se quiera hacer del indicador, se puede calcular en modo histórico o predictivo.

En modo histórico, los indicadores se determinan a partir de registros de incidencias y/o a partir de información del funcionamiento del sistema eléctrico, permitiendo evaluar la calidad de suministro proporcionada y realizar análisis comparativos y de tendencias. En modo predictivo, se determinan los valores medios y/o máximos esperados, a través de modelos de confiabilidad aplicados al sistema eléctrico, permitiendo identificar zonas que requieren mejora de la calidad de suministro, realizar análisis de expansión del sistema eléctrico y

¹ Punto situado entre las instalaciones eléctricas de la empresa distribuidora y la acometida del cliente.

evaluar el impacto de inversiones. La información necesaria comprende datos de confiabilidad de los componentes, topología del sistema eléctrico, así como cantidad de clientes y su demanda.

La mayoría de indicadores definidos en las regulaciones de calidad de suministro, analizan individualmente la calidad de suministro proporcionada a un cliente o evalúan el comportamiento del sistema eléctrico desde un punto de vista global. En ese sentido, se distinguen indicadores individuales, que reflejan el nivel de calidad de suministro de un cliente en particular, e indicadores globales, que reflejan el nivel de calidad de suministro medio del sistema eléctrico, definido este como una parte de las instalaciones eléctricas, una zona, una región, etc.

1.2.1 Indicadores Individuales o del Cliente

Los indicadores individuales miden la calidad de suministro proporcionada a un cliente en particular. Recogen el número de veces que es interrumpido un cliente y el tiempo que está sin suministro. En ese sentido, los parámetros básicos son “número de interrupciones” y “duración de cada interrupción”, a partir de los cuales es posible estimar los indicadores individuales propiamente dichos. Los más usados son:

- Número de interrupciones (fallas/periodo).
- Duración media de interrupciones (horas/interrupción).
- Duración total de interrupciones (horas/periodo).
- Energía no suministrada (kW.h/periodo).

Los indicadores individuales están orientados a controlar individualmente los excesos de cantidad y duración de interrupciones en los clientes.

1.2.2 Indicadores Globales o del Sistema

Los indicadores globales reflejan el nivel de calidad de suministro medio del sistema eléctrico, definido este como una parte de las instalaciones eléctricas, una zona, una región, etc., que involucra una cantidad determinada de clientes.

Estos indicadores globales suelen ser medias ponderadas de los indicadores individuales de dichos clientes.

Al igual que los indicadores individuales, recogen el número de interrupciones y la duración de las mismas. Los indicadores globales han sido y siguen siendo los indicadores más utilizados para medir la calidad de suministro. Según se basen en información de los clientes, de la potencia, de la carga, etc., estos se pueden clasificar como se indica a continuación:

- Indicadores basados en los clientes.
- Indicadores basados en la potencia.
- Indicadores basados en la energía.

Indicadores basados en los clientes

Son los más utilizados ya que ponderan equitativamente cada cliente. Son muy usados por la entidades de regulación debido a que dan igual importancia a un pequeño cliente residencial que a un gran cliente industrial. Generalmente, son considerados como una buena medida de la confiabilidad del sistema eléctrico y son a menudo utilizados para análisis comparativos y establecimiento de objetivos. Los principales indicadores son:

System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)

$$\text{Ecuación 1-1: SAIFI} = \frac{\text{Número Total de Interrupciones de los Clientes}}{\text{Número Total de Clientes}}$$

El indicador SAIFI representa la cantidad promedio de interrupciones que experimenta un cliente durante un periodo de tiempo. Para una cantidad fija de clientes, la única manera de mejorar el indicador SAIFI es reducir la cantidad de interrupciones. Por ello, una mejora del indicador SAIFI implica una mejora de la confiabilidad del sistema eléctrico.

System Average Interruption Duration Index (SAIDI)

$$\text{Ecuación 1-2: SAIDI} = \frac{\text{Duración Total de Interrupciones de los Clientes}}{\text{Número Total de Clientes}}$$

El indicador SAIDI representa la duración promedio de interrupciones que experimenta un cliente durante un periodo de tiempo. Para una cantidad fija de clientes, el indicador SAIDI puede ser mejorado reduciendo la cantidad de interrupciones o la duración de las mismas. Debido a que estos dos parámetros reflejan la mejora de la confiabilidad, una reducción del indicador SAIDI indica una mejora de la confiabilidad del sistema eléctrico.

Customer Average Interruption Frequency Index (CAIFI)

$$\text{Ecuación 1-3: CAIFI} = \frac{\text{Número Total de Interrupciones de los Clientes}}{\text{Número Total de Clientes Interrumpidos}}$$

El indicador CAIFI representa la cantidad promedio de interrupciones que experimenta un cliente interrumpido durante un periodo de tiempo. Está orientado a evaluar la tendencia de la calidad de suministro de los clientes interrumpidos. El menor valor que puede tomar el indicador CAIFI es uno.

Customer Average Interruption Duration Index (CAIDI)

$$\text{Ecuación 1-4: CAIDI} = \frac{\text{Duración Total de Interrupciones de los Clientes}}{\text{Número Total de Clientes Interrumpidos}}$$

El indicador CAIDI representa la duración promedio de interrupciones de un cliente interrumpido durante un periodo de tiempo. También está asociado al tiempo de respuesta de la empresa distribuidora ante fallas. El indicador CAIDI puede ser mejorado reduciendo la duración de las interrupciones pero también incrementando el número de interrupciones. En ese sentido, una reducción del indicador CAIDI no necesariamente refleja una mejora de la confiabilidad del sistema eléctrico.

Average Service Availability Index (ASAI)

$$\text{Ecuación 1-5: ASAI} = \frac{\text{Horas Disponibles del Servicio}}{\text{Horas Demandadas}}$$

El indicador ASAI brinda la misma información que el indicador SAIDI pero de forma relativa. Un valor alto del indicador ASAI refleja altos niveles de

confiabilidad. A diferencia del indicador SAIDI que se expresa en horas por periodo, el indicador ASAI se expresa en por unidad o en tanto por ciento.

Average Service Unavailability Index (ASUI)

$$\text{Ecuación 1-6: ASUI} = 1 - \text{ASAI} = \frac{\text{Horas Indisponibles del Servicio}}{\text{Horas Demandadas}}$$

El indicador ASUI es el complemento del indicador ASAI. También se expresa en por unidad o en tanto por ciento.

Indicadores basados en la potencia

Ponderan los clientes basándose en la potencia conectada en vez de equitativamente. Los principales indicadores son:

Average System Interruption Frequency Index

$$\text{Ecuación 1-7: ASIFI} = \frac{\text{Total Potencia Conectada Interrumpida}}{\text{Total Potencia Conectada}}$$

Average System Interruption Duration Index

Ecuación 1-8:

$$\text{ASIDI} = \frac{\text{Total Potencia Conectada Interrumpida por las Horas Interrumpidas}}{\text{Total Potencia Conectada}}$$

Los indicadores basados en la potencia fueron los primeros indicadores de calidad de suministro utilizados, debido a que en el pasado, las empresas distribuidoras conocían sólo la potencia de las subestaciones de distribución, es decir, no conocían la cantidad de clientes conectados a dichas subestaciones. Hoy en día, los sistemas de información, en especial, los sistemas de información georeferenciada (utilizan coordenadas geográficas), asocian los clientes con las subestaciones de distribución, permitiendo calcular fácilmente los indicadores basados en los clientes. Desde el punto de vista de las empresas distribuidoras, es probable que los indicadores ASIFI y ASIDI representen una mejor aproximación de la calidad de suministro en vez de los indicadores SAIFI y SAIDI, ya que mayor potencia implica mayores ingresos y

debe ser ponderada según su magnitud a la hora de tomar decisiones de inversión. Sin embargo, podría darse el caso que las inversiones se orienten a pocos clientes de gran demanda, perjudicando la calidad de suministro del sistema eléctrico.

Indicadores basados en la energía

Energy Not Supplied Index (ENS)

Ecuación 1-9: ENS = Total Energía No Suministrada por las Interrupciones

Average System Curtailment Index (ASCI)

Ecuación 1-10: $ASCI = \frac{\text{Total Energía No Suministrada por las Interrupciones}}{\text{Número Total de Clientes}}$

Average Customer Curtailment Index (ACCI)

Ecuación 1-11: $ACCI = \frac{\text{Total Energía No Suministrada por las Interrupciones}}{\text{Número Total de Clientes Interrumpidos}}$

Los indicadores basados en la energía toman en cuenta un parámetro no mensurable, implicando una estimación de los mismos. Por ello, es importante establecer una metodología de estimación de la energía no suministrada, ya sea por proyecciones de la energía consumida al momento de la interrupción, registros de consumo o diagramas de carga típicos, a efectos de análisis comparativos y de tendencias. Se utilizan principalmente para efectos de compensaciones por calidad de suministro.

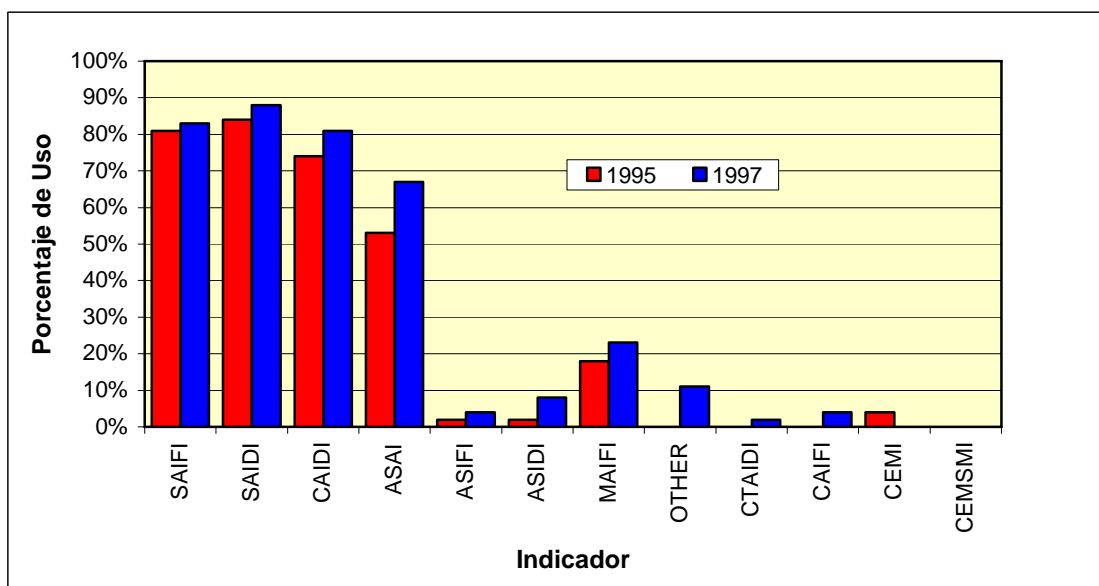
1.2.3 Aplicación de los Indicadores

Dependiendo del aspecto que se requiera evaluar, se elegirán uno u otros indicadores para representar la calidad de suministro o confiabilidad del sistema eléctrico. En cualquier caso es importante tomar indicadores que tengan en cuenta la frecuencia y duración de las interrupciones, ya que permiten evaluar si el comportamiento medio del sistema eléctrico en términos de calidad de suministro, se debe a un único evento prolongado o a varios eventos de menor duración.

Tratándose de la evaluación del rendimiento del sistema eléctrico, los indicadores SAIFI y SAIDI son los más apropiados, ya que como se mencionó tienen la ventaja de ponderar equitativamente a los clientes, de esta forma se evalúa la calidad de suministro del conjunto de clientes del sistema eléctrico. Por otro lado, estos indicadores al evaluar el nivel de calidad de suministro promedio del sistema eléctrico, indirectamente evalúan la situación y funcionamiento de las instalaciones eléctricas (estado en términos de mantener las instalaciones eléctricas adecuadamente durante su vida útil; operación y selectividad de los equipos de protección y seccionamiento; acciones de reposición del servicio eléctrico; mantenimiento preventivo de las instalaciones eléctricas; etc.), lo cual es importante para velar por una prestación del servicio eléctrico que cubra la demanda con calidad y seguridad.

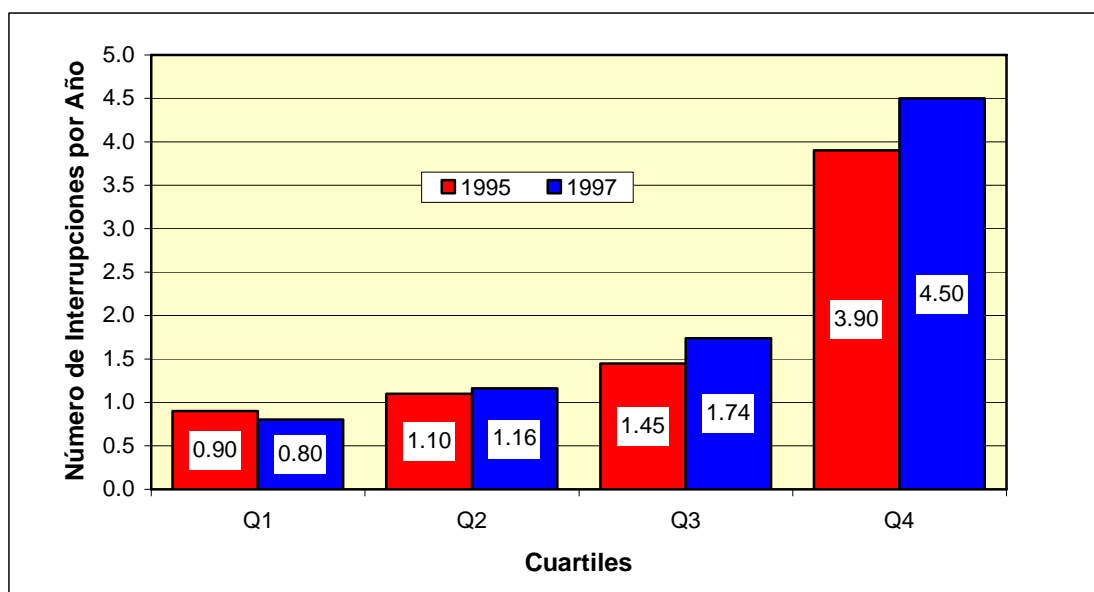
Cabe mencionar que los resultados de encuestas realizadas a empresas de los EEUU en los años 1995 y 1997 [IEEE04], mostraron que los indicadores SAIFI y SAIDI son los más utilizados. Las encuestas investigaron cuáles son los indicadores de confiabilidad de los sistemas de distribución más usados y sus valores típicos.

Figura 1-1: Porcentaje de Uso de Indicadores de Confiabilidad en los EEUU



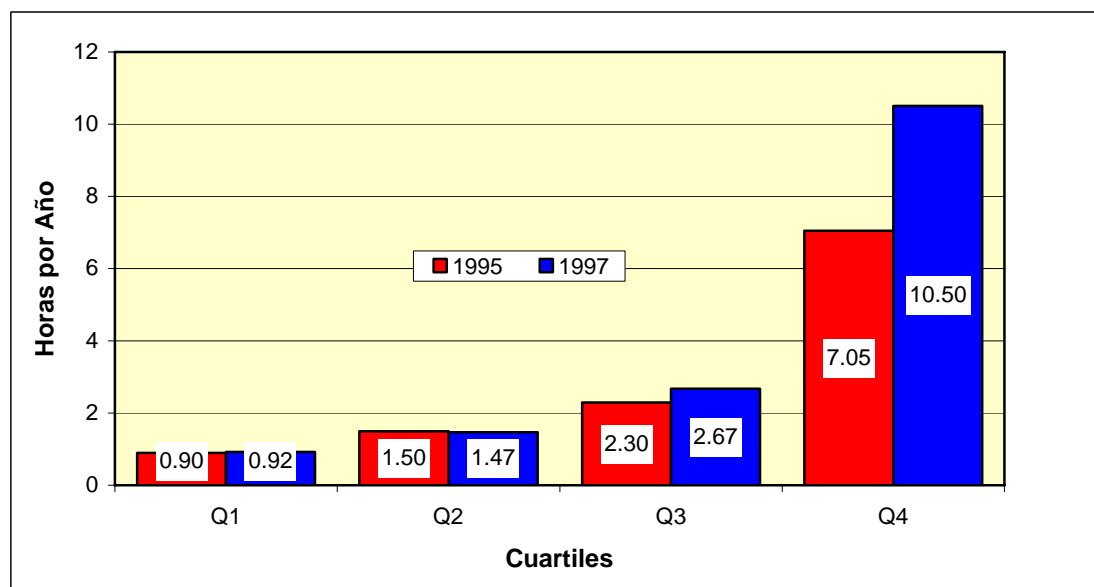
Fuente: IEEE, "IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices", IEEE Standards 1366-2003, May 2004.

Figura 1-2: Resultados del SAIFI en los EEUU



Fuente: IEEE, "IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices", IEEE Standards 1366-2003, May 2004.

Figura 1-3: Resultados del SAIDI en los EEUU



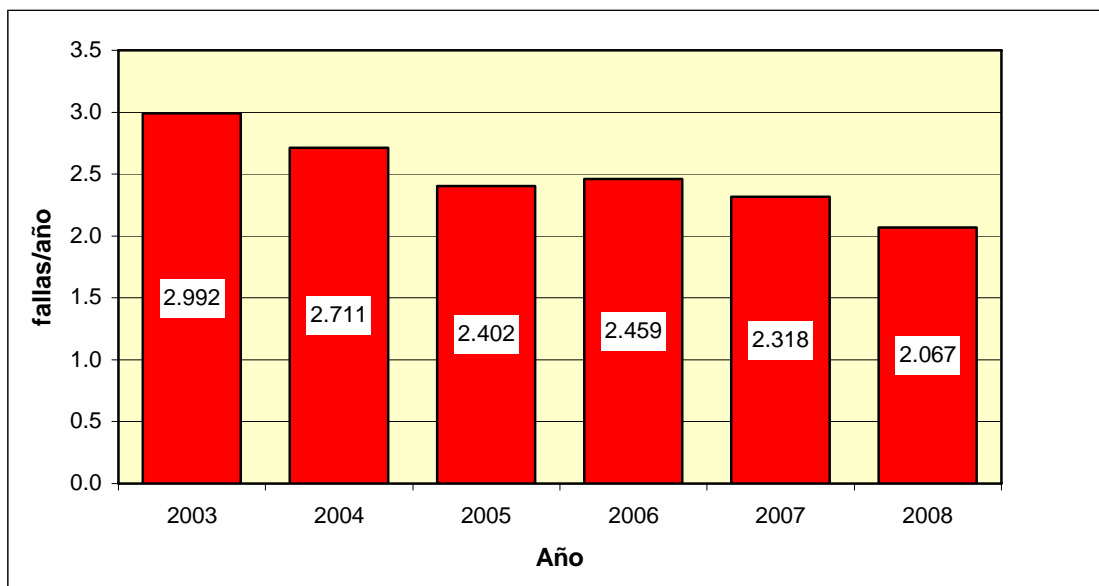
Fuente: IEEE, "IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices", IEEE Standards 1366-2003, May 2004.

Asimismo, en el Proyecto CIER 06 [CIER07], que evaluó los indicadores de calidad de servicio en empresas distribuidoras de energía eléctrica de Latinoamérica, se consideró indicadores basados en los clientes y en la potencia.

Los indicadores basados en los clientes utilizados son la Frecuencia Media de Interrupción por Cliente (FC) y el Tiempo Total de Interrupción por Cliente (TC), equivalentes a los indicadores SAIFI y SAIDI respectivamente. Los indicadores basados en la potencia utilizados son la Frecuencia Media de Interrupción del Sistema (FS) y el Tiempo Total de Interrupción del Sistema (TS), equivalentes a los indicadores ASIFI y ASIDI respectivamente. Los resultados de dicho proyecto muestran valores medios de 10.8 fallas/año y 13.2 horas/año para los indicadores FC y TC respectivamente.

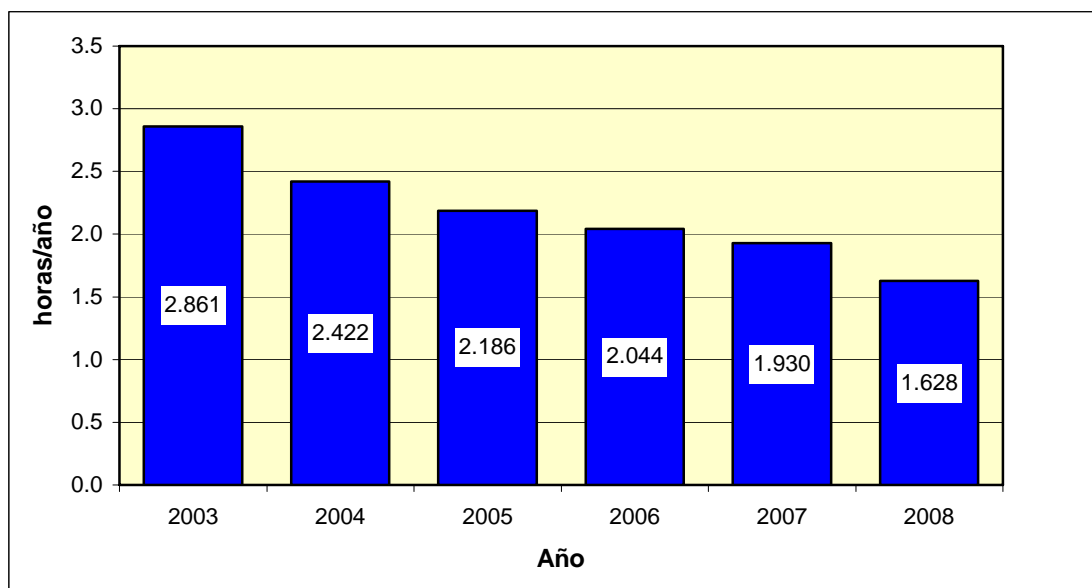
También muestra resultados del año 2005 de los indicadores NIEPI (2.4 fallas/año) y TIEPI (2.2 horas/año), equivalentes a los indicadores ASIFI y ASIDI respectivamente, utilizados en España. De acuerdo a la información obtenida de [ESP09], en el año 2008 el resultado del indicador NIEPI fue de 2.1 fallas/año mientras que del indicador TIEPI fue de 1.6 horas/año.

Figura 1-4: Indicador NIEPI en España



Fuente: Página web (www.mityc.es) del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio de España, Sección Energía, Subsección Energía Eléctrica (Calidad de Servicio), Diciembre 2009.

Figura 1-5: Indicador TIEPI en España



Fuente: Página web (www.mityc.es) del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio de España, Sección Energía, Subsección Energía Eléctrica (Calidad de Servicio), Diciembre 2009.

1.3 Calidad de Suministro en el Perú

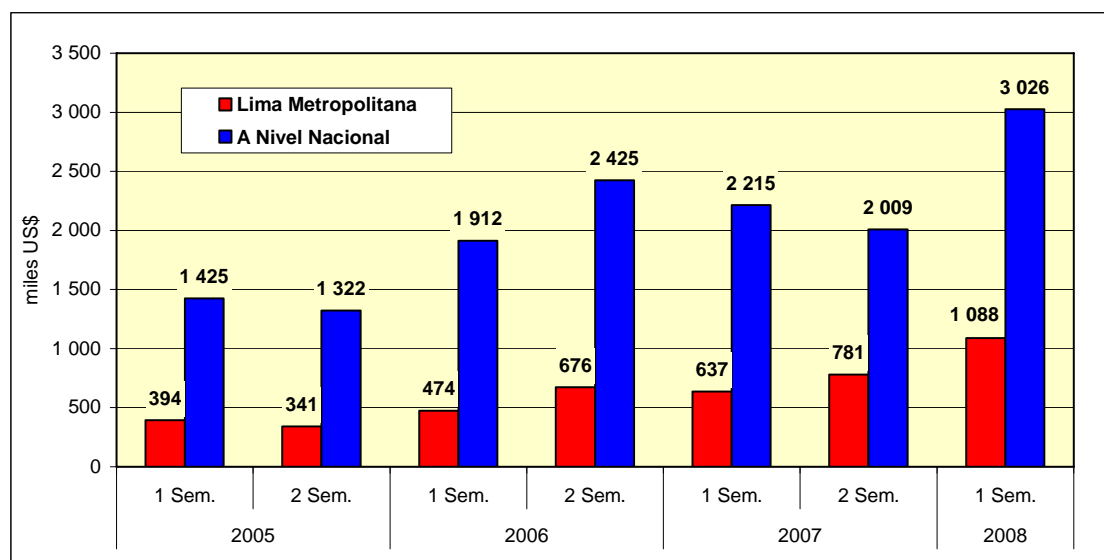
En octubre de 1997, mediante el Decreto Supremo N° 020-97-EM, se aprobó la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE) que establece los niveles mínimos de la calidad de producto (tensión, frecuencia y perturbaciones), calidad de suministro (interrupciones), calidad de atención comercial y calidad de alumbrado público.

La NTCSE dispone la evaluación de la calidad de suministro a través de dos indicadores individuales, Número Total de Interrupciones por Cliente por Semestre (N) y Duración Total Ponderada de Interrupciones por Cliente por Semestre (D). Cabe mencionar que la NTCSE define como interrupción a toda falta de suministro con una duración mayor o igual a los tres minutos, en un punto de entrega.

Actualmente, las empresas distribuidoras vienen efectuando compensaciones a favor de los clientes por la calidad de suministro, es decir, por el incumplimiento de los indicadores N y D.

Al respecto, durante el primer semestre de 2008, las compensaciones realizadas a nivel nacional alcanzaron un monto de 3 026 miles US\$. De este monto, 1 088 miles US\$ corresponden a compensaciones realizadas en Lima Metropolitana [OSI0408].

Figura 1-6: Compensaciones por la Calidad de Suministro



Fuente: OSINERGMIN, "Reportes Semestrales de la Gerencia de Fiscalización Eléctrica N° 2-2004, N° 1-2005, N° 2-2005, N° 1-2006, N° 2-2006, N° 1-2007, N° 2-2007 y N° 1-2008".

Adicionalmente a lo dispuesto por la NTCSE, el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN), como parte de sus funciones de fiscalización del sector eléctrico, estableció la evaluación de la operación de los sistemas de distribución eléctrica a nivel nacional a través de los indicadores globales SAIFI y SAIDI. Los valores límite de dichos indicadores establecidos para Lima Metropolitana se indican en la Tabla 1-1 [OSI04].

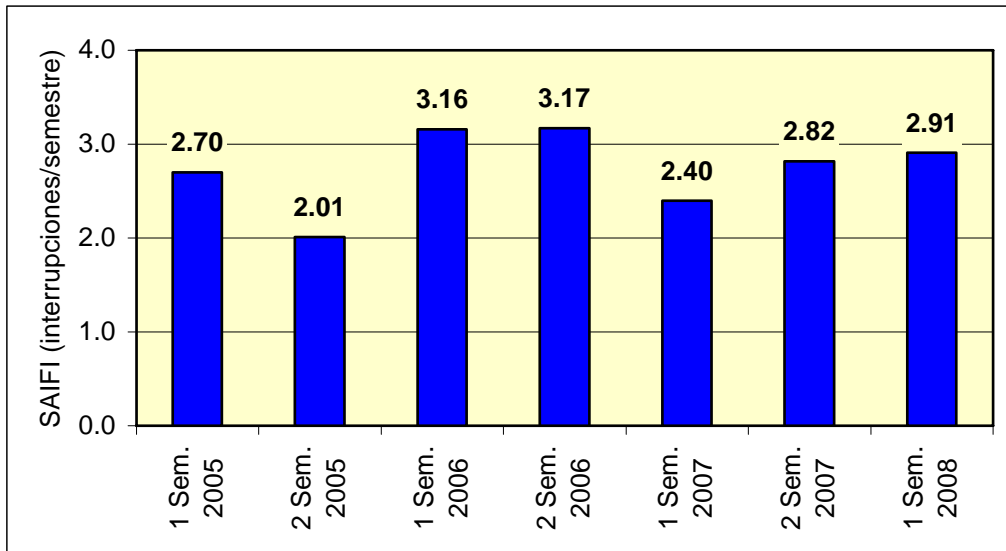
Tabla 1-1: Valores Límite SAIFI y SAIDI para Lima Metropolitana

Año	SAIFI interrupciones/año	SAIDI horas/año
2008	3.0	7.5
2009	3.0	7.5
2010	3.0	7.0
2011	3.0	6.5

Fuente: OSINERGMIN, "Procedimiento para la Supervisión de la Operación de los Sistemas Eléctricos", Resolución OSINERG N° 074-2004-OS/CD, Abril 2004.

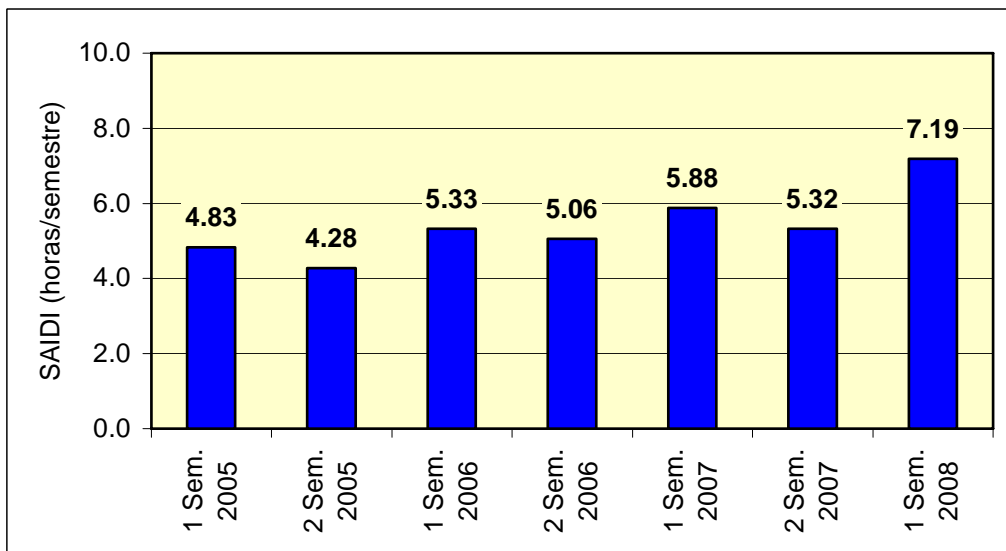
Para el primer semestre de 2008, los resultados de la evaluación de la operación de los sistemas que atienden Lima Metropolitana muestran un SAIFI de 2.91 interrupciones/semestre y un SAIDI de 7.19 horas/semestre [OSI0408].

Figura 1-7: SAIFI de Lima Metropolitana



Fuente: OSINERGMIN, "Reportes Semestrales de la Gerencia de Fiscalización Eléctrica N° 2-2004, N° 1-2005, N° 2-2005, N° 1-2006, N° 2-2006, N° 1-2007, N° 2-2007 y N° 1-2008".

Figura 1-8: SAIDI de Lima Metropolitana



Fuente: OSINERGMIN, "Reportes Semestrales de la Gerencia de Fiscalización Eléctrica N° 2-2004, N° 1-2005, N° 2-2005, N° 1-2006, N° 2-2006, N° 1-2007, N° 2-2007 y N° 1-2008".

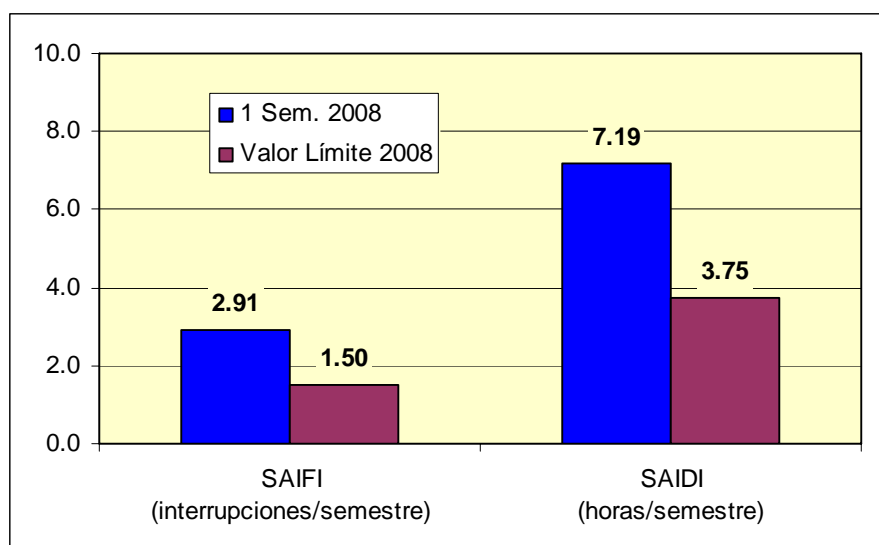
Estadísticas de operación de los sistemas que atienden Lima Metropolitana muestran que en la distribución eléctrica se originan de 80% a 90% de las

interrupciones. El resto de las mismas se atribuyen a la generación y transmisión eléctrica. Dentro de las interrupciones en la distribución eléctrica, se tienen 30% programadas y 70% no programadas [OSI0408]. Las no programadas se originan principalmente por factores climáticos, fallas de las instalaciones eléctricas, falsas maniobras y acciones de terceros.

1.4 Planteamiento del Problema

En los sistemas de distribución eléctrica que atienden Lima Metropolitana (Lima Norte y Lima Sur), calificados como de alta densidad de carga, se vienen incrementando las interrupciones, lo cual se evidencia en la evolución de las compensaciones por la calidad de suministro (Figura 1-6) y de los indicadores SAIFI y SAIDI (Figuras 1-7 y 1-8). Además, los valores resultantes de dichos indicadores tienen una desviación significativa respecto de los valores límite establecidos por el OSINERGMIN.

Figura 1-9: SAIFI y SAIDI de Lima Metropolitana versus Valores Límite



Por ello, surge la necesidad de mejorar la confiabilidad de los sistemas que atienden Lima Metropolitana a través de la renovación de las instalaciones eléctricas; la colocación de equipos de protección y seccionamiento como

seccionadores, interruptores o reconectores² y alimentaciones alternativas, el perfeccionamiento de las actividades de operación y mantenimiento; entre otras. Estas acciones deben buscar un equilibrio óptimo entre su costo y la confiabilidad que se obtiene, no se puede alcanzar la mejor confiabilidad (ninguna interrupción) ya que implicaría un enorme costo, es decir, se debe alcanzar un punto donde el costo de las acciones no supere los beneficios de la confiabilidad obtenida.

Teniendo en cuenta lo mencionado, la presente tesis desarrolla una investigación orientada a determinar los indicadores SAIFI y SAIDI aplicables a los sistemas que atienden Lima Metropolitana, que respondan a un equilibrio óptimo entre costo y confiabilidad. De esta forma, tomando como referencia dichos indicadores, las acciones en mejora de la confiabilidad de los sistemas que atienden Lima Metropolitana, se orientarán adecuadamente.

1.5 Objetivo

La tesis tiene como objetivo determinar los indicadores SAIFI y SAIDI aplicables a los sistemas de distribución de alta densidad de carga del Perú (Lima Norte y Lima Sur), que respondan a un equilibrio óptimo entre costo y confiabilidad.

Asimismo, la tesis tiene como finalidad absolver las siguientes interrogantes:

- ¿Cuál es el equilibrio óptimo entre costo y confiabilidad, aplicable a sistemas de distribución de alta densidad de carga del Perú?
- ¿Cuál es el costo para alcanzar los indicadores SAIFI y SAIDI óptimos?

1.6 Alcances y Limitaciones

La investigación alcanza a los sistemas de distribución eléctrica de alta densidad de carga del Perú (Lima Norte y Lima Sur), que atienden Lima

² Para aislar instalaciones con fallas, para despejar fallas transitorias o para transferir cargas en caso de fallas.

Metropolitana, donde se concentra más del 60% de las ventas de energía eléctrica a nivel nacional y requiere mayores requerimientos de calidad de suministro.

Respecto a las acciones de mejora de la confiabilidad a evaluar, el análisis se limita a acciones vinculadas con la colocación de equipos de protección y seccionamiento y alimentaciones alternativas, por ser una estrategia que permite mejorar significativamente la confiabilidad de forma inmediata, así como permite establecer una relación directa entre costo y confiabilidad.

1.7 Metodología de Desarrollo

La metodología de desarrollo de la presente tesis es la siguiente:

- Descripción del marco teórico del análisis de mejora de la confiabilidad propuesto que comprende:
 - Revisión de los principales conceptos vinculados con los sistemas de distribución eléctrica y su confiabilidad.
 - Revisión de las técnicas básicas de evaluación de la confiabilidad de los sistemas de distribución eléctrica.
 - Revisión de los principales conceptos y método del análisis de decisión bajo incertidumbres (método trade-off/risk o de compromiso/riesgo), a efectos de evaluar y determinar el equilibrio óptimo entre costo y confiabilidad.
- Análisis de mejora de la confiabilidad de los sistemas de alta densidad de carga del Perú, que sigue los siguientes pasos:
 - Recopilación de información técnica y comercial, así como información georeferenciada (con coordenadas geográficas) de los alimentadores de los sistemas Lima Norte y Lima Sur.
 - Selección de alimentadores representativos para la evaluación de la confiabilidad a través de un análisis estadístico de la información técnica y comercial.

- Formulación de opciones de mejora de la confiabilidad, basadas en la colocación de equipos de protección y seccionamiento y alimentaciones alternativas.
- Evaluación de la confiabilidad de las opciones de mejora en los alimentadores representativos, a través de técnicas básicas, determinando los indicadores SAIFI y SAIDI, así como el costo que implica cada opción.
- Configuración de la relación entre costo y confiabilidad de las opciones de mejora para cada alimentador representativo.
- Determinación del equilibrio óptimo entre costo y confiabilidad con el método trade-off/risk, estableciéndose los indicadores SAIFI y SAIDI óptimos, así como el costo que implica alcanzar los mismos en los sistemas de distribución eléctrica de alta densidad de carga del Perú.
- Formulación de las conclusiones, aportes y recomendaciones de la tesis de acuerdo a los resultados obtenidos.

2. Marco Teórico

2.1 Introducción

En el presente capítulo se describe el marco teórico utilizado para el análisis de mejora de la confiabilidad de los sistemas de distribución eléctrica de alta densidad de carga del Perú.

En primer lugar, a partir de la revisión de los principales conceptos vinculados con los sistemas de distribución eléctrica y su confiabilidad, se describe las funciones, las características, los componentes, los aspectos operativos y de mantenimiento de dichos sistemas, así como las características de los mercados eléctricos que sirven, a efectos de un mejor entendimiento de los aspectos vinculados con la confiabilidad de los mismos.

La revisión tomó en cuenta las referencias [WEC64], [BIL84] y [BRO02] que corresponden a libros de mayor consulta sobre sistemas de distribución eléctrica y su confiabilidad.

Luego, se revisa los conceptos, criterios y metodología de la evaluación de la confiabilidad de los sistemas de distribución eléctrica, describiéndose las técnicas básicas de evaluación, del tipo probabilística analítica, a efectos de determinar los indicadores SAIFI y SAIDI. En este punto se revisó y adoptó una extensión de dichas técnicas, sensible a acciones de mejora como la colocación de equipos de protección y seccionamiento y alimentaciones alternativas. La extensión propone la división del tiempo de reparación de una falla en función de las distintas operaciones que se llevan a cabo para reparar la misma y reponer el servicio eléctrico. Se consideró las referencias [BIL82], [BIL84], [BRO02] y [CHO09], que desarrollan los aspectos básicos, así como, las referencias [ROM97] y [RIV99], estas últimas que formulan la extensión señalada.

Finalmente, se revisa el método trade-off/risk o de compromiso/riesgo utilizado para configurar la relación entre costo y confiabilidad, y determinar su equilibrio óptimo. Se consideró la revisión de las referencias [CRO92-1] y [CRO92-2] que formulan el método trade-off/risk. Dicho método permite tomar una decisión entre opciones con objetivos en conflicto como, por ejemplo, costo y confiabilidad, buscando aquella o aquellas que cumplen de la mejor manera con dichos objetivos.

2.2 Sistema de Distribución Eléctrica

En un sistema eléctrico es importante contar con un equilibrio entre sus distintas partes (generación, transmisión y distribución), a efectos de lograr una relación adecuada entre costo y confiabilidad total. De otro modo, la parte menos confiable condicionaría la calidad de suministro, impidiendo el aprovechamiento óptimo de la confiabilidad del resto de las partes.

De acuerdo a estadísticas de operación, en los sistemas de distribución eléctrica se originan la mayor cantidad de interrupciones, lo cual se explica por su naturaleza radial, su exposición al medio ambiente, la gran cantidad de sus componentes, así como su proximidad a los clientes.

En este contexto, es importante tener en cuenta los aspectos relevantes de dichos sistemas, tales como sus funciones, características, componentes, aspectos operativos y de mantenimiento, así como las características de los mercados eléctricos que sirven, a efectos de un mejor entendimiento de los aspectos vinculados con la confiabilidad de los mismos.

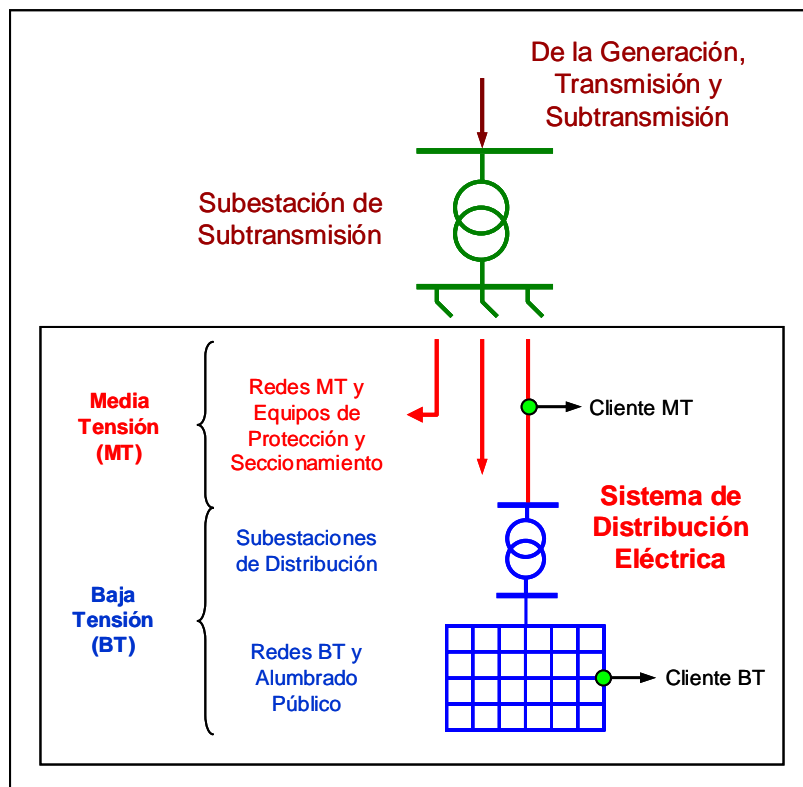
2.2.1 Aspectos de Diseño y Construcción

El sistema de distribución eléctrica es un conjunto de instalaciones eléctricas que sirven para distribuir y poner a disposición de los clientes, al mínimo costo posible, la energía eléctrica desde las salidas de las subestaciones de subtransmisión hasta los puntos de entrega de estos. La distribución de la energía eléctrica se efectúa a un nivel de tensión adecuado y de forma segura, con la capacidad necesaria para cubrir la demanda de los clientes y la conveniente calidad de suministro (frecuencia y duración de interrupciones).

El sistema de distribución eléctrica comprende:

- El sistema de distribución primaria que distribuye la energía eléctrica desde las salidas de las subestaciones de subtransmisión hasta las subestaciones de distribución, a un nivel de tensión mayor a 1 kV y menor a 30 kV, denominado tensión primaria o media tensión.
- Las subestaciones de distribución que transforman la tensión a un nivel menor a través de transformadores con capacidades entre 1,5 kVA hasta 700 kVA.
- El sistema de distribución secundaria que distribuye la energía eléctrica desde las subestaciones de distribución hasta los puntos de entrega de los clientes, a un nivel de tensión de hasta 1 kV, denominado tensión secundaria o baja tensión.

Figura 2-1: Sistema de Distribución Eléctrica



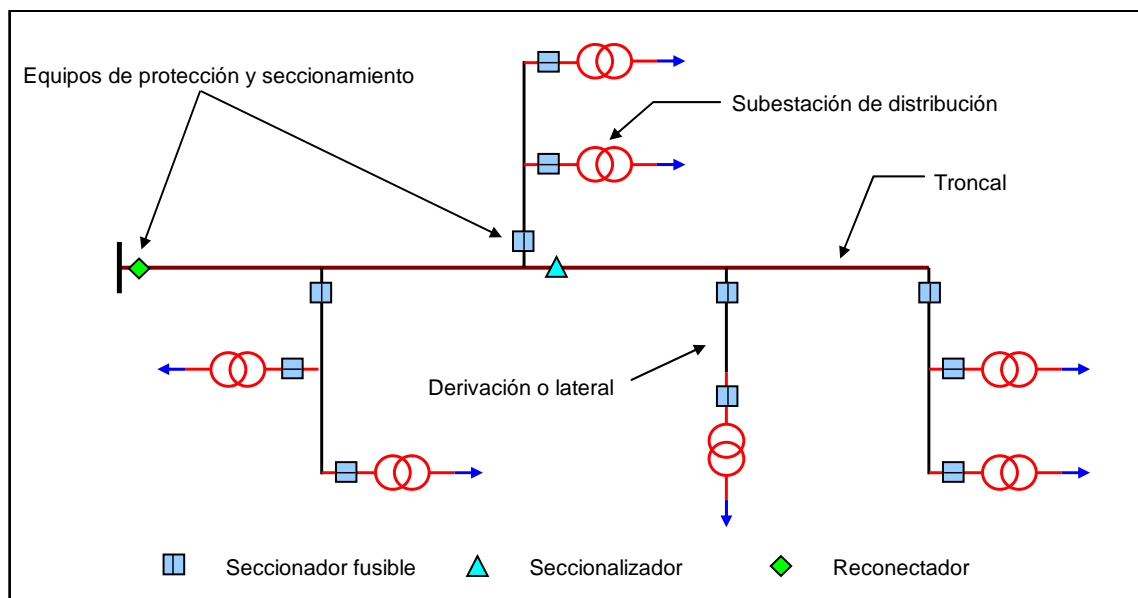
2.2.1.1 Sistema de Distribución Primaria

El sistema de distribución primaria está compuesto por alimentadores que distribuyen la energía eléctrica desde las salidas de las subestaciones de subtransmisión hasta las subestaciones de distribución.

Generalmente, la salida del alimentador es a través de una red subterránea, pasando a una red aérea, denominada troncal, que recorre el área de servicio del alimentador, pudiendo estar conectado a otro alimentador mediante puntos de conexión normalmente abiertos. También es posible tener como troncal una red subterránea, común en zonas de alta densidad de carga o zonas con restricciones de instalación de redes aéreas.

Derivaciones o laterales de la troncal son usados para una mayor cobertura del área de servicio del alimentador. Pueden ser conectados directamente a la troncal pero, normalmente, son protegidos con seccionadores fusible, seccionalizadores o reconectores.

Figura 2-2: Alimentador en Media Tensión



La característica que diferencia los alimentadores o los tramos que los componen, es ser aéreos o subterráneos, sobre todo desde el punto de vista de la confiabilidad.

Los tramos aéreos son económicos en su instalación y mantenimiento pero están más expuestos al medio ambiente, resultando menos confiables. Sus principales componentes son: estructuras (formadas por postes, crucetas y aisladores), conductores o cables aéreos, seccionadores, seccionadores fusible, seccionalizadores, reconectores, capacitores, reguladores de voltaje y pararrayos.

Los tramos subterráneos son más costosos pero más confiables por estar menos expuestos a factores externos. Sus principales componentes son: terminales, cables subterráneos, empalmes, seccionadores bajo carga, seccionadores bajo carga fusible limitador e interruptores.

Respecto a la topología o configuración de los alimentadores, es radial o por lo menos están operados de forma radial. La topología radial es una estructura en árbol, por lo tanto, habrá un único camino entre la fuente (inicio del alimentador) y cualquier carga.

En el inicio de cada alimentador, casi siempre, existe una protección contra fallas que es capaz de despejar todas las fallas transitorias y detectar las permanentes. Esta protección es esencial y se considera que siempre existe.

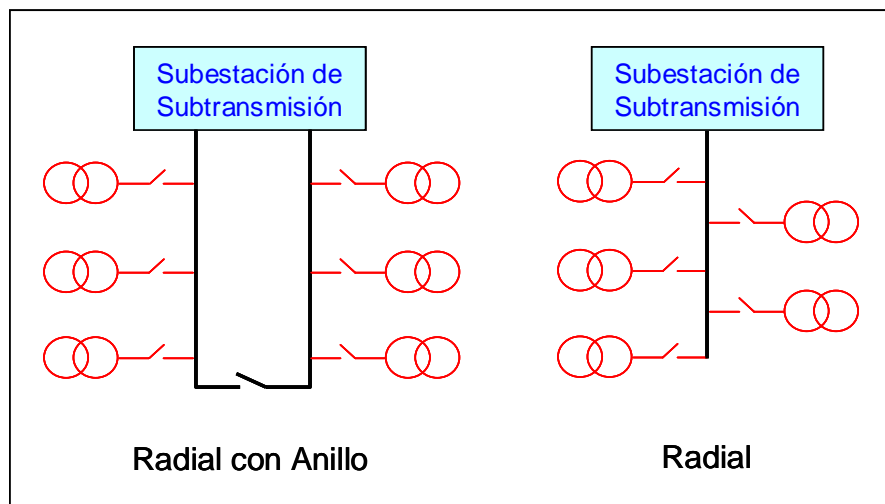
A pesar de la operación radial, los alimentadores pueden ser mallados, es decir, cuentan con puntos de conexión que durante la operación normal están abiertos. Las conexiones pueden ser a otros tramos del mismo alimentador, con otro alimentador de la misma subestación de subtransmisión o, en algunos casos, a otro alimentador de otra subestación de subtransmisión. La utilidad de estas conexiones es la posibilidad de reconfigurar el o los alimentadores y transferir cargas, reduciendo de esta forma los tiempos de reposición del servicio. Dependiendo de la zona que se sirva, se puede tener alimentadores mallados o totalmente radiales.

En zonas de alta densidad de carga, normalmente, son mallados, es decir, con alimentaciones alternativas, compuestos de tramos subterráneos y subestaciones de distribución conectadas en serie (sin uso de derivaciones o laterales).

En zonas con cargas bajas y dispersas, son totalmente radiales sin alimentaciones alternativas, compuestos de tramos troncales aéreos, así como derivaciones o laterales aéreos desde donde se conectan las cargas. Además, suelen ser de gran tamaño (longitud), lo cual hace que se vean afectados en mayor medida por factores externos como el medio ambiente.

En zonas con altas, medias y bajas densidades de carga, los alimentadores pueden ser mallados y radiales, debido a que atienden al mismo tiempo zonas con densidades variables.

Figura 2-3: Topologías Típicas de Alimentadores en Media Tensión



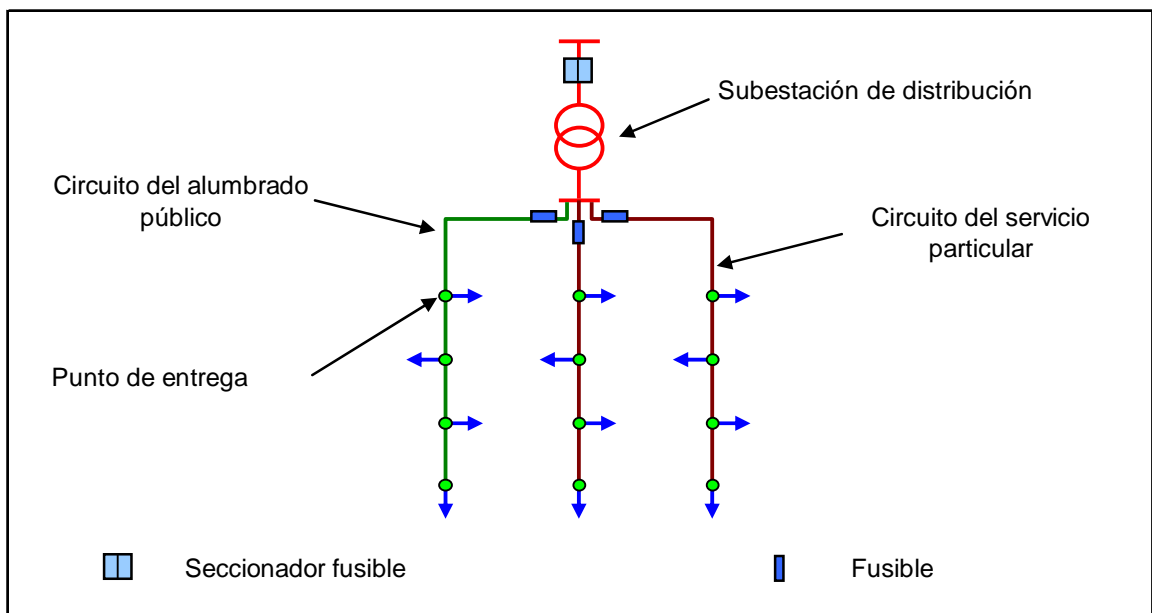
2.2.1.2 Subestaciones de Distribución

Las subestaciones de distribución son componentes que transforman la tensión primaria a tensión secundaria. Se caracterizan por su relación de transformación y su capacidad (kVA). Están compuestas de transformadores, con sus respectivos equipos de protección como seccionadores fusible y pararrayos. Los transformadores pueden ser para tramos aéreos (subestaciones monoposte o biposte) o tramos subterráneos (subestaciones convencional, pedestal o bóveda). Pueden servir a clientes en media tensión, habiendo un cliente conectado por subestación, o servir a sistemas de distribución secundaria para la atención de clientes en baja tensión.

2.2.1.3 Sistema de Distribución Secundaria

Los sistemas de distribución secundaria conectan las subestaciones de distribución con los puntos de entrega de los clientes. Se componen de circuitos radiales que pueden ser tramos aéreos o subterráneos, con componentes similares a los del sistema de distribución primaria pero de uso en baja tensión. En algunos casos, los clientes se conectan directamente a la subestación de distribución, no siendo necesario un sistema de distribución secundaria. En la mayoría de los casos, los clientes se conectan a redes en baja tensión que recorren el área de servicio de la subestación. También, se conectan las cargas del alumbrado público para la iluminación de vías, plazas, parques, etc.

Figura 2-4: Sistema de Distribución Secundaria



2.2.2 Aspectos Operativos y de Mantenimiento

Un sistema de distribución eléctrica debe ser continuamente controlado, operado, mantenido, reparado y expandido. Estas actividades, referidas como actividades de operación y mantenimiento, juegan un rol importante en la confiabilidad.

2.2.2.1 Operación

La operación se realiza a través de operadores ubicados en los centros de control, normalmente ubicados en las subestaciones de subtransmisión, quienes monitorean la carga de los alimentadores y las alarmas de los equipos de protección y seccionamiento. También se encargan de atender las llamadas de emergencia de los clientes.

Después de una falla, los operadores se focalizan en reconfigurar el sistema con la finalidad de reponer el servicio a la mayor cantidad de clientes afectados. Esta tarea se realiza accionando los equipos de protección y seccionamiento, unos controlados remotamente y otros a través de las cuadrillas de emergencia, que son responsables de localizar las fallas, realizar las maniobras necesarias, reparar las instalaciones dañadas y reponer el servicio. En general, estas acciones están orientadas a disminuir los tiempos de reposición del servicio y, por lo tanto, la duración de las interrupciones.

2.2.2.2 Mantenimiento

La mayoría de las instalaciones de los sistemas de distribución eléctrica requieren ser inspeccionados, probados y/o mantenidos para asegurar una apropiada operación y reducir la probabilidad de falla.

Las estrategias de mantenimiento pueden ser correctivas, preventivas, basadas en la condición de las instalaciones eléctricas o centradas en la confiabilidad.

Las correctivas se llevan a cabo cuando una falla ocurre en las instalaciones eléctricas y son efectivas cuando se trata de componentes no críticos con mínimo mantenimiento. Las preventivas se hacen en forma periódica de acuerdo a recomendaciones de fabricantes o la experiencia propia de la empresa distribuidora. Las basadas en la condición de las instalaciones eléctricas se ejecutan según la condición de las mismas, es decir, su grado de deterioro. Las centradas en la confiabilidad se basan en la condición y criticidad de las instalaciones eléctricas, así como en el costo. Esta estrategia maximiza la confiabilidad al orientarse al mantenimiento de instalaciones eléctricas con mayores probabilidades de fallar pero su implementación es difícil.

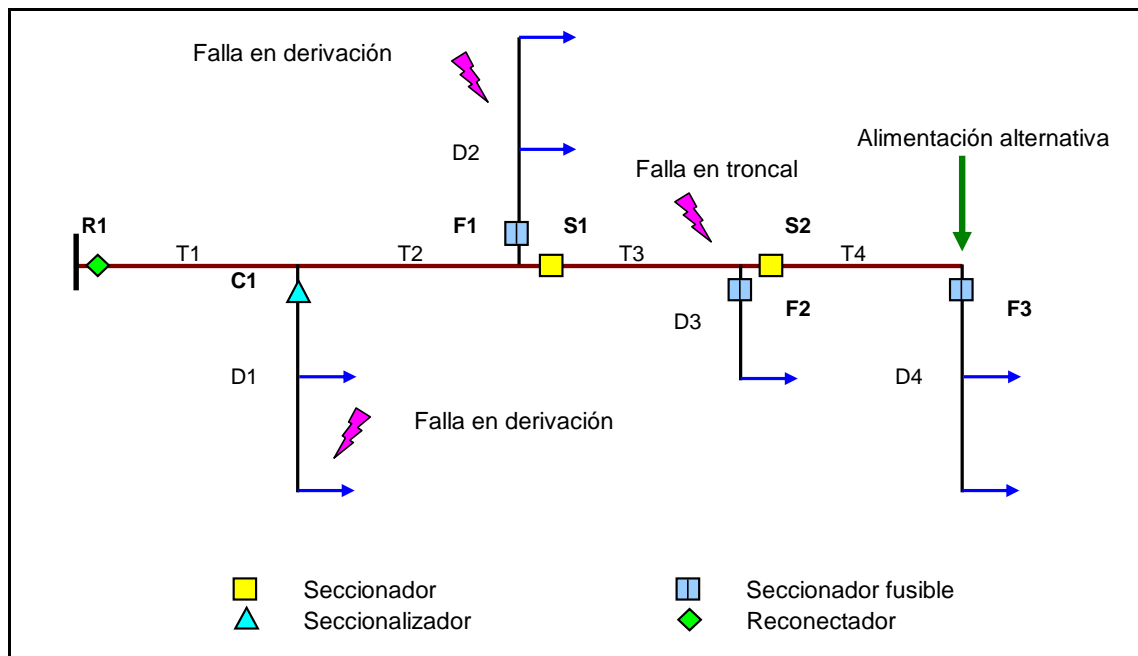
Otra de las actividades que se consideran como parte de las acciones de mantenimiento, es la limpieza de la franja de servidumbre, que incide en gran medida en la confiabilidad de las redes aéreas.

El mantenimiento adecuado de los diferentes componentes del sistema de distribución eléctrica permite mantener y mejorar sus tasas de falla y, en consecuencia, tener control sobre las frecuencias de falla.

2.2.2.3 Contingencias

Las contingencias en los sistemas de distribución eléctrica son fallas que originan interrupciones del servicio a los clientes. Sistemas confiables permiten que las fallas se despejen automáticamente, minimizando el número de clientes afectados a través de la operación de los equipos de protección y seccionamiento y reconfiguración de los alimentadores. El entendimiento de este proceso es importante para entender la confiabilidad de los sistemas de distribución eléctrica.

Figura 2-5: Ejemplos de Fallas en un Sistema de Distribución Eléctrica



Para el sistema de la Figura 2-5, una falla en el tramo troncal T3 origina la apertura del reconectador R1, que cierra después de un tiempo establecido. Si la falla no se detecta entonces se habrá despejado, experimentando los clientes del alimentador una interrupción momentánea. Si la falla persiste el

reconectador R1 se abre y cierra de nuevo. Después de un número establecido de recierres, si la falla persiste el reconectador R1 queda abierto, experimentando los clientes una falla permanente. Cuando la falla es localizada, esta se aísla abriendo el seccionador S1, luego, el reconectador R1 se cierra y se repone el servicio a los clientes aguas arriba del seccionador S1. Como se cuenta con una alimentación alternativa se abre el seccionador S2 y se repone el servicio a los clientes conectados aguas abajo de dicho seccionador. En este caso, se habrá efectuado una reconfiguración del alimentador. Después de reparar la falla, el sistema se retorna a su estado prefalla.

En el caso de una falla en la derivación D2, una opción del despeje de la falla es la apertura del reconectador R1 antes de que el fusible del seccionador F1 se funda. Después del cierre del reconectador R1, si la falla no se detecta se habrá despejado, experimentando los clientes una interrupción momentánea. En caso contrario, el reconectador R1 permitirá que el fusible del seccionador F1 se funda. En esa situación, los clientes de la derivación D2 experimentarán una falla permanente. Otra opción, es aislar la derivación D2 sin afectar el resto del alimentador. Esto se logra permitiendo que el fusible del seccionador F1 se funda ante la aparición de la falla, originando una interrupción permanente en los clientes de la derivación D2 pero sin afectar a los clientes del resto del alimentador.

En el caso de una falla en la derivación D1, el seccionalizador C1 detecta la falla e incrementa su contador a uno. El reconectador R1 apertura y cierra dando un tiempo para el despeje de la falla. Si la falla persiste, el contador se incrementa a dos. Cuando el contador alcanza un valor preestablecido, el seccionalizador C1 se abre la próxima vez que apertura el reconectador R1. Entonces, la falla es aislada la próxima vez que el reconectador R1 cierra. Esta alternativa de despeje de falla es utilizada cuando es difícil la coordinación de los seccionadores fusibles con la protección de cabecera (reconectador R1).

En conclusión, las diferentes opciones de colocación de equipos de protección y seccionamiento y alimentaciones alternativas, permiten reducir los tiempos de

reposición del servicio ante fallas permanentes, así como reducir la cantidad de clientes afectados hasta la reparación de las mismas.

2.2.3 Mercado Eléctrico

Los mercados eléctricos que atienden los sistemas de distribución eléctrica se pueden caracterizar por tipo de carga (residencial, comercial, industrial y alumbrado público), por cantidad de clientes (zona urbana, zona semiurbana y zona rural) o por densidad de carga (muy alta, alta, media y baja).

Las características de los sistemas de distribución eléctrica varían de acuerdo al mercado eléctrico que sirven. Así en zonas urbanas o zonas de muy alta y alta densidad de carga, la red suele ser subterránea y, aunque se opera de forma radial, cuentan con puntos de conexión a otros alimentadores que la hacen mallada. En zonas semiurbanas o zonas de media y baja densidad, la red es subterránea en zonas céntricas y es aérea en zonas periféricas, con posibilidad de contar con algunos puntos de conexión a otros alimentadores. En zonas rurales o de baja densidad, la red es aérea, operada exclusivamente de forma radial.

Desde el punto de vista de la confiabilidad, estas características de los sistemas de distribución eléctrica influenciadas por el mercado eléctrico, definen las opciones factibles de mejora de la calidad de suministro, así como los niveles alcanzables de confiabilidad y costo requerido. Por ello, la importancia del conocimiento de los diversos mercados eléctricos atendidos por dichos sistemas.

2.3 Evaluación de la Confiabilidad

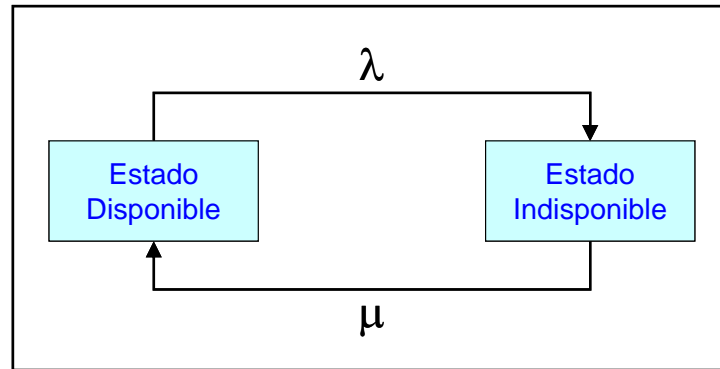
2.3.1 Técnicas Básicas

Las técnicas básicas se desarrollan sobre la teoría de los procesos continuos de Markov, la teoría de los sistemas serie y las técnicas de frecuencia y duración.

2.3.1.1 Teoría de los Procesos Continuos de Markov

Los procesos continuos de Markov se utilizan para representar un sistema con un número finito y discreto de estados en los que se puede encontrar, funcionando en un espacio continuo de tiempo. Un sistema de distribución eléctrica presenta estas características, ya que está funcionando continuamente y se puede representar en un estado operativo o disponible y un estado averiado o indisponible. Entre los diversos estados se definen unas tasas de transición. En el caso de un sistema de distribución eléctrica, las tasas de transición son la tasa de falla (λ), expresada en fallas por unidad de tiempo, y la tasa de reparación (μ), expresada en reparaciones por unidad de tiempo.

Figura 2-6: Proceso Continuo de Markov de un Sistema con dos Estados



Si las tasas de transición son constantes, implica que la probabilidad de falla o reparación del sistema es la misma independientemente del tiempo que lleve operando o este averiado, lo cual es válido si el sistema se encuentra en su periodo de vida útil. Se considera que los componentes de un sistema de distribución eléctrica se encuentran en su vida útil sobre todo teniendo en cuenta la larga duración de vida de los mismos.

Para tasas de transición constantes, las funciones de densidad de probabilidad de los estados disponible e indisponible obedecen a una distribución exponencial negativa, con lo cual la probabilidad de encontrar al sistema en un estado u otro en un instante dado es:

$$\text{Ecuación 2-1: } P_{\text{dis}} = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t}$$

Ecuación 2-2:
$$P_{\text{ind}} = \frac{\lambda}{\lambda + \mu} - \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t}$$

Donde:

P_{dis} → Probabilidad de encontrar al sistema en estado disponible

P_{ind} → Probabilidad de encontrar al sistema en estado indisponible

Cuando el tiempo tiende al infinito, se obtiene las probabilidades límite de los dos estados.

Ecuación 2-3:
$$P_{\text{dis}} = \frac{\mu}{\lambda + \mu}$$

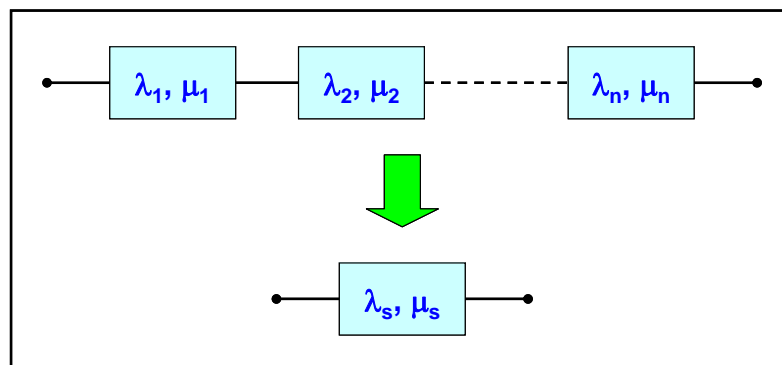
Ecuación 2-4:
$$P_{\text{ind}} = \frac{\lambda}{\lambda + \mu}$$

2.3.1.2 Teoría de los Sistemas Serie

Un sistema de distribución eléctrica está conformado por componentes que están en serie desde el punto de vista de la confiabilidad, es decir, para la continuidad del servicio eléctrico, todos sus componentes, entre la fuente de alimentación y el punto de entrega del cliente, deben estar en operación.

Se busca representar los componentes que conforman un sistema en un único sistema con sus dos estados y sus tasas de transición de un estado a otro, lo cual se logra aplicando la teoría de los sistemas serie [BIL82].

Figura 2-7: Sistema Serie de n Componentes



Para un sistema de n componentes la tasa de falla (λ_s) y la tasa de reparación (μ_s) son:

Ecuación 2-5:
$$\lambda_s = \sum_{i=1}^n \lambda_i$$

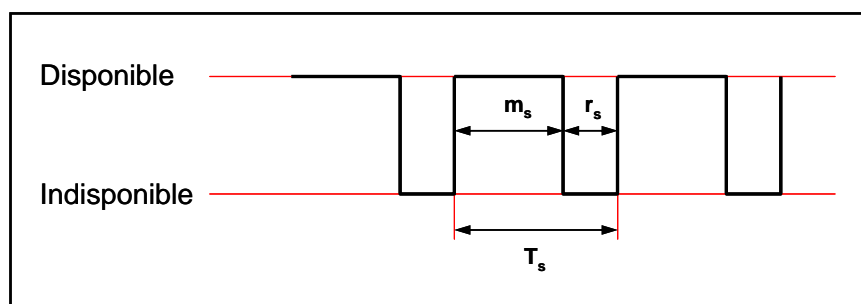
Ecuación 2-6:
$$\mu_s = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i}{\sum_{i=1}^n \mu_i}$$

2.3.1.3 Técnicas de Frecuencia y Duración

Las ecuaciones señaladas hasta el momento permiten calcular la probabilidad de un sistema de estar en su estado disponible o indisponible. Para un mejor entendimiento del comportamiento de dicho sistema es necesario determinar otros indicadores de confiabilidad como la frecuencia de encontrarse en un determinado estado y la duración de permanecer en dicho estado, cuya evaluación se realiza a través de las técnicas de frecuencia y duración.

Para ello, se define el tiempo medio entre fallas o Mean Time Between Failures (MTBF), que es igual a la suma del tiempo medio de operación del sistema (m_s) o Mean Time to Failure (MTTF) y del tiempo medio de reparación del sistema (r_s) o Mean Time to Repair (MTTR).

Figura 2-8: Ciclo de Operación-Falla de un Sistema



La inversa del MTBF o periodo del sistema (T_s) es igual a la frecuencia de falla del sistema (f_s).

Ecuación 2-7: $MTBF = T_s = m_s + r_s = \frac{1}{f_s}$

Para funciones de densidad de probabilidad de los estados disponible e indisponible con una distribución exponencial negativa, se tiene que la tasa de falla es la recíproca del MTTF y la tasa de reparación es la recíproca del MTTR.

Ecuación 2-8: $MTTF = m_s = \frac{1}{\lambda_s}$

Ecuación 2-9: $MTTR = r_s = \frac{1}{\mu_s}$

Si el MTTR es muy inferior al MTTF, entonces el MTBF es prácticamente igual al MTTF, lo cual significa que la tasa de falla del sistema es equivalente a la frecuencia de falla del sistema.

Ecuación 2-10: $\frac{1}{f_s} = MTBF \approx MTTF = \frac{1}{\lambda_s}$

Ecuación 2-11: $f_s \approx \lambda_s$

La indisponibilidad del sistema (U_s) es igual al producto de la frecuencia de falla por el tiempo medio de reparación. Se puede aproximar por el producto de la tasa de falla por el tiempo medio de reparación.

Ecuación 2-12: $U_s = f_s r_s \approx \lambda_s r_s = \frac{\lambda_s}{\mu_s}$

Entonces los tres indicadores de confiabilidad del sistema de distribución eléctrica en función de los indicadores básicos de confiabilidad de sus componentes quedan como sigue:

Frecuencia de falla del sistema

Ecuación 2-13: $f_s = \lambda_s = \sum_{i=1}^n \lambda_i$

Tiempo de indisponibilidad del sistema

$$\text{Ecuación 2-14: } U_s = \sum_{i=1}^n \lambda_i r_i$$

Tiempo medio de falla del sistema

$$\text{Ecuación 2-15: } r_s = \frac{1}{\mu_s} = \frac{U_s}{\lambda_s} = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i r_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i}$$

2.3.2 Técnica de División del Tiempo de Reparación

Con la finalidad de modelar adecuadamente los aspectos geográficos diferenciales y el efecto de los equipos de protección y seccionamiento y alimentaciones alternativas durante todo el proceso de reparación de un tramo averiado, se utiliza la técnica de división del tiempo de reparación desarrollada y descrita en [ROM97] y [RIV99]. La división del tiempo de reparación toma en cuenta los siguientes tiempos:

- Tiempo de aviso: Tiempo para saber de la falla e identificar el alimentador con falla.
- Tiempo de acceso: Tiempo para llegar al alimentador con falla.
- Tiempo de localización: Tiempo para localizar la zona del alimentador con falla.
- Tiempo de recorrido: Tiempo para recorrer la zona del alimentador con falla e identificar el tramo averiado.
- Tiempo de seccionamiento: Tiempo para aislar el tramo averiado y reponer el resto del alimentador.
- Tiempo de reparación: Tiempo para reparar el tramo averiado y realimentar todo el alimentador.

En la Ecuación 2-14 se calcula el tiempo de indisponibilidad del sistema (U_s) como la suma de las tasas de falla de cada componente por su tiempo de reparación. Al colocar distintos equipos de protección y seccionamiento y alimentaciones alternativas, la Ecuación 2-14 no se puede aplicar directamente, ya que cada tipo de equipo reduce el tiempo de reparación que afecta a cada punto de suministro de forma distinta. Por ello, se divide el tiempo de reparación que permite analizar como se reduce el tiempo de indisponibilidad del sistema gracias a estos equipos y alimentaciones. De esta forma, el tiempo de indisponibilidad de cada componente (U_i) del alimentador se puede calcular como la suma de las subindisponibilidades asociadas a cada división del tiempo de reparación.

Ecuación 2-16: $U_i = U_i^{avi} + U_i^{acc} + U_i^{loc} + U_i^{rec} + U_i^{sec} + U_i^{rep}$

Donde:

U_i^{avi} : Subindisponibilidad del componente i asociada al tiempo de aviso

U_i^{acc} : Subindisponibilidad del componente i asociada al tiempo de acceso

U_i^{loc} : Subindisponibilidad del componente i asociada al tiempo de localización

U_i^{rec} : Subindisponibilidad del componente i asociada al tiempo de recorrido

U_i^{sec} : Subindisponibilidad del componente i asociada al tiempo de seccionamiento

U_i^{rep} : Subindisponibilidad del componente i asociada al tiempo de reparación

Cada subindisponibilidad tendrá su sistema serie que dependerá de la topología del alimentador y de los equipos instalados. De esta forma, se puede calcular el tiempo de indisponibilidad de cada punto de suministro o componente del sistema, así como cualquier indicador del sistema que se quiera calcular, a partir de la tasa de falla y tiempo de reparación de cada

componente. El cálculo de las subindisponibilidades asociadas a cada división del tiempo de reparación se describe en [RIV99].

2.3.3 Determinación de los Indicadores SAIFI y SAIDI

Aunque los tres indicadores de las Ecuaciones 2-13, 2-14 y 2-15 son importantes, ellos no dan una completa representación del comportamiento del sistema y su respuesta. Con la finalidad de reflejar la severidad o significancia de una interrupción, indicadores adicionales son evaluados como los indicadores SAIFI y SAIDI, que son los más utilizados en las evaluaciones de confiabilidad.

$$\text{Ecuación 2-17: SAIFI} = \frac{\text{Número de interrupciones de clientes}}{\text{Número de clientes}} = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i N_i}{\sum_{i=1}^n N_i}$$

Donde:

N_i : Número de clientes conectados al componente i

$$\text{Ecuación 2-18: SAIDI} = \frac{\text{Duración de interrupciones de clientes}}{\text{Número de clientes}} = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i r_i N_i}{\sum_{i=1}^n N_i}$$

Además, de los indicadores orientados a los clientes SAIFI y SAIDI, es frecuente el uso de un indicador orientado a la energía como la Energía no Suministrada (ENS).

$$\text{Ecuación 2-19: ENS} = \sum_{i=1}^n \lambda_i r_i P_i$$

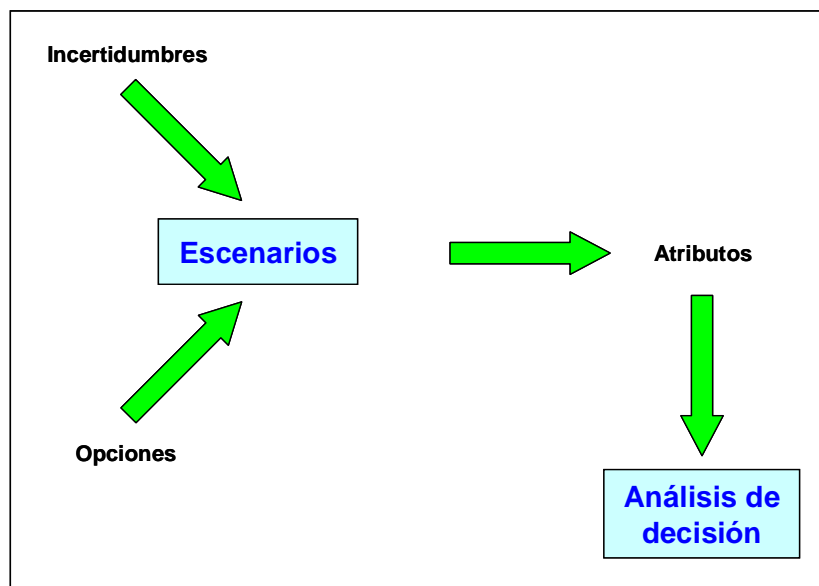
Donde:

P_i : Potencia media demandada en el componente i

identificar decisiones (planes) que cumplan de la mejor manera todos los objetivos.

El problema analítico del método es determinar planes donde exista equilibrio entre los objetivos considerados, medidos en términos de atributos, sobre la base de criterios que tengan en cuenta las incertidumbres, la robustez de la solución y la mitigación del riesgo de la decisión.

Figura 2-10: Método Trade-Off/Risk o de Compromiso/Riesgo



2.4.1 Definiciones

El método trade-off/risk toma en cuenta las siguientes definiciones para su aplicación.

- Opción: Es una alternativa que se puede optar y especificar. Por ejemplo, en un análisis de mejora de la confiabilidad de sistemas de distribución eléctrica, una opción puede ser utilizar equipos de seccionamiento, equipos de señalización de fallas, equipos de despeje de fallas o alimentaciones alternativas.
- Plan: Es un conjunto de opciones específicas que definen un proyecto sobre el cual se puede tomar una decisión. Por ejemplo, un plan puede ser un proyecto de mejora de la confiabilidad de sistemas de distribución eléctrica, que considere la colocación de seccionadores y señalizadores de corto

circuito en la troncal del alimentador y seccionadores fusible en sus laterales. Otro plan puede ser la colocación de un reconectador en la cabecera del alimentador con seccionalizadores en la troncal.

- Incertidumbre: Es una variable sobre la cual no se tiene control. Por ejemplo, el crecimiento del número de clientes o la demanda, la variación de las tasas de falla de los componentes del sistema de distribución eléctrica o el costo de los equipos. Las incertidumbres pueden modelarse con una distribución probabilística o variables desconocidas pero acotadas, es decir, pueden moverse entre un valor mínimo y un valor máximo.
- Futuro: Es un conjunto de resultados o realizaciones de todas las incertidumbres. Por ejemplo, 3% de crecimiento del número de clientes y 10% de variación de las tasas de falla.
- Escenario: Es un conjunto completo de opciones e incertidumbres específicas, es decir, es un plan particular combinado con un futuro específico.
- Atributos: Son medidas de la bondad de un plan de acuerdo con los objetivos considerados, pueden ser cuantitativos o cualitativos. Los atributos pueden ser minimizados o maximizados y miden si un plan es adecuado, a la luz de las incertidumbres. Por ejemplo, los atributos pueden ser el costo por kW.h, indicadores de confiabilidad como SAIFI o SAIDI, etc.
- Lista corta o conjunto de decisión: Es un conjunto de planes atractivos que podrían cumplir de la mejor manera con todos los objetivos considerados. Son planes que no son dominados, en términos de atributos, y se encuentran cerca del codo de la curva trade-off.
- Riesgo: Es una contingencia a la cual se está expuesta si se selecciona un plan en vez de otro, debido a las incertidumbres. El riesgo tiene que ver con los atributos pero aún más con las decisiones. Una medida del riesgo es la probabilidad que un plan sea inferior a otro. También es medido en términos de exposición.

- Plan robusto: Es un plan que sería seleccionado en cada futuro sin importar como se presenten las incertidumbres.
- Exposición: Es una medida del riesgo. Es una evaluación para la identificación de las condiciones (futuros) por las cuales un plan no está en la lista corta y del grado de arrepentimiento en caso de selección de dicho plan.

2.4.2 Etapas

El método trade-off/risk comprende cuatro etapas:

- Formulación del problema, en términos de opciones, incertidumbres y atributos.
- Generación de escenarios de solución al problema.
- Análisis trade-off o de compromiso entre objetivos de cada escenario, encontrando planes robustos, es decir, que cumplan de la mejor manera todos los objetivos.
- Análisis risk o de riesgo, en caso de no encontrar planes robustos.

2.4.2.1 Formulación del Problema

La formulación del problema comprende el establecimiento de las opciones, identificación de las incertidumbres y el planteamiento de los objetivos que serán medidos a través de atributos.

Las opciones son las alternativas específicas para la elaboración de un plan, estas se pueden reducir o ampliar durante el desarrollo de un análisis. Por ejemplo, para un planeamiento de un sistema de potencia, las opciones pueden ser diferentes tipos de centrales eléctricas, líneas de transmisión de distintos niveles de tensión y capacidad, etc.

Un plan es un conjunto de opciones específicas. En la aplicación del método trade-off/risk, una selección es hecha de un número grande de planes, cada uno consistente de un portafolio de opciones. La identificación de las opciones y planes relevantes es la clave para el éxito del análisis que se plantea.

Una incertidumbre es una variable sobre la cual no se tiene control y que generalmente está relacionada con factores exógenos. Dos aproximaciones para modelar una incertidumbre son:

- Probabilística: Distribuciones probabilísticas para todas las incertidumbres son asumidas.
- Desconocida pero acotada: Límites para las incertidumbres son asumidas sin considerar alguna distribución probabilística. Cada incertidumbre toma un valor que puede moverse entre un valor mínimo y un valor máximo.

El método trade-off/risk puede usar ambas aproximaciones para modelar incertidumbres.

Puede haber incertidumbres que no afectan la decisión óptima. Sin embargo, es difícil identificar dichas incertidumbres a priori, en consecuencia, es recomendable incluirlas en la fase de formulación del problema.

Los objetivos son expresados en términos de atributos o medidas de bondad, los cuales reflejan las perspectivas de los diferentes agentes. Ejemplos de atributos son: costos por kW.h, porcentaje de reserva, nivel de confiabilidad, etc.

2.4.2.2 Generación de Escenarios

El análisis trade-off/risk usa los siguientes conjuntos de información:

- Lista de planes.
- Lista de futuros.
- Lista de escenarios.
- Atributos para cada escenario.

Una vez que se han identificado las opciones e incertidumbres, estas son usadas para representar planes y futuros discretos. Esto es realizado inicialmente tomando todas las combinaciones de las realizaciones de las

incertidumbres para desarrollar los futuros. En esta etapa es necesaria la participación del evaluador para establecer planes y futuros razonables.

Una vez los planes y futuros han sido desarrollados, el evaluador combina cada plan con cada futuro para crear escenarios. Los valores de los atributos para cada escenario, es decir, la medida del rendimiento de cada plan bajo cada futuro, pueden ser obtenidos por simulación.

2.4.2.3 Análisis Trade-Off

En la actualidad, muchos problemas requieren alcanzar objetivos que corresponden a diferentes perspectivas. Estos objetivos son a menudo inconmensurables, es decir, no se pueden reducir a un único parámetro como US\$/MW.h. Cuando entran en conflicto, no es posible hallar una solución que sea óptima para cada perspectiva.

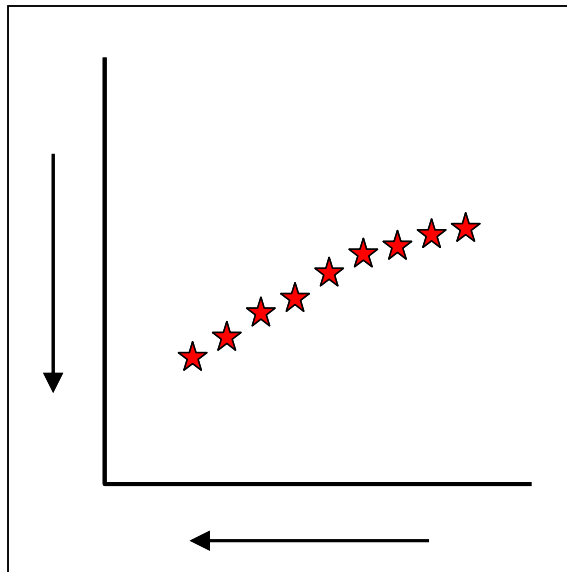
Por ejemplo, los clientes pueden requerir una mejor confiabilidad del servicio eléctrico pero a la vez las empresas distribuidoras que los sirven pueden priorizar una reducción de costos. En este caso, se presenta un conflicto entre objetivos para los cuales hay que encontrar un equilibrio.

Estos objetivos, medidos en términos de atributos, pueden tener, en general, cuatro tipos de relación.

Tipo A: Sin conflicto

Este tipo de relación se presenta cuando se encuentra un plan que optimiza a la vez los dos atributos en evaluación. Si hay otros atributos a evaluar, uno de los dos puede ser descartado, simplificando el análisis trade-off.

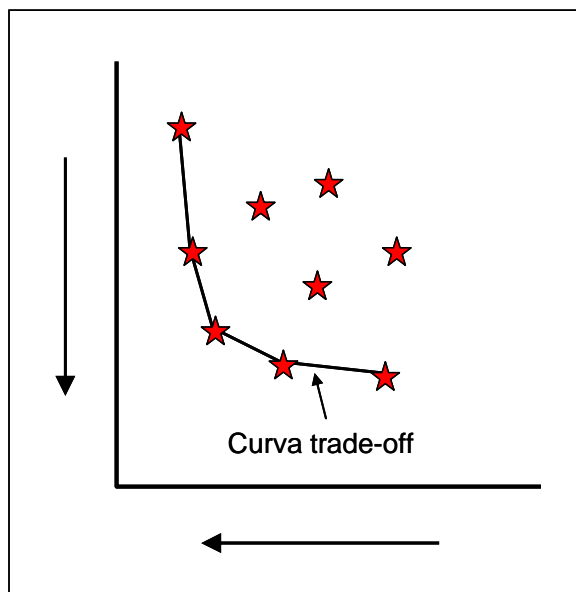
Figura 2-11: Análisis Trade-Off – Relación Tipo A



Tipo B: Con compromisos atractivos

Este tipo de relación se presenta cuando no se encuentra un plan que optimice a la vez los dos atributos en evaluación. Sin embargo, se presentan una serie de planes que en cierto sentido son óptimos (se ubican en la curva trade-off), ya que dominan a los planes al interior de esta curva, en términos de ambos atributos.

Figura 2-12: Análisis Trade-Off – Relación Tipo B

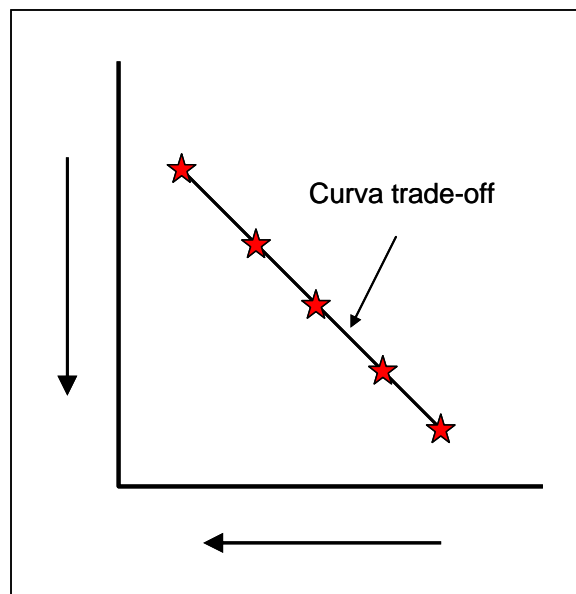


Los planes cerca del codo de la curva trade-off conforman una lista corta de planes atractivos, es decir, son los mejores planes teniendo en cuenta ambos atributos.

Tipo C: Sin compromisos atractivos

En este tipo de relación los planes se ubican en una curva trade-off que no presenta un codo, con lo cual no se tiene un plan que equilibre a la vez ambos atributos en evaluación.

Figura 2-13: Análisis Trade-Off – Relación Tipo C

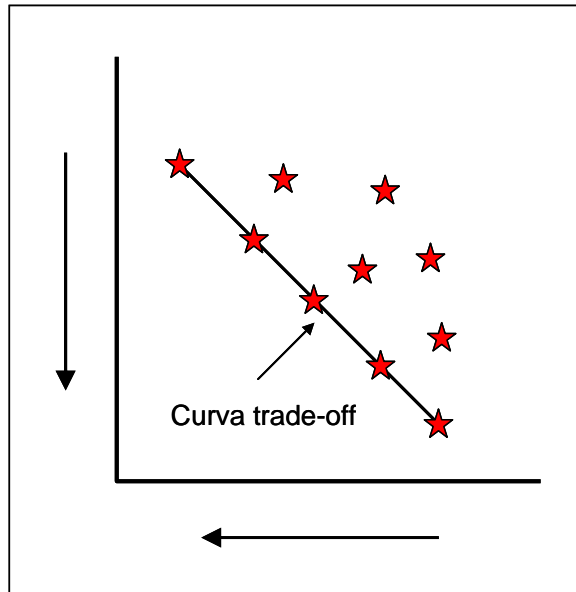


En ambos extremos se tienen planes que optimizan un atributo a la vez. Dada esta situación, la decisión pasaría por determinar cuál es el atributo más importante para seleccionar el plan que optimiza el mismo. Otra opción es transformar uno de los atributos de tal forma que en un nuevo análisis trade-off se obtenga una relación Tipo B, con lo cual se podrá elegir un plan que equilibre ambos atributos a la vez.

Tipo D: Sin opciones

Se presenta cuando se tiene planes dominados por una curva trade-off del Tipo C, incrementando el conflicto entre los atributos en evaluación y reduciendo las posibilidades de obtener una relación Tipo B, a través de transformación de atributos.

Figura 2-14: Análisis Trade-Off – Relación Tipo D

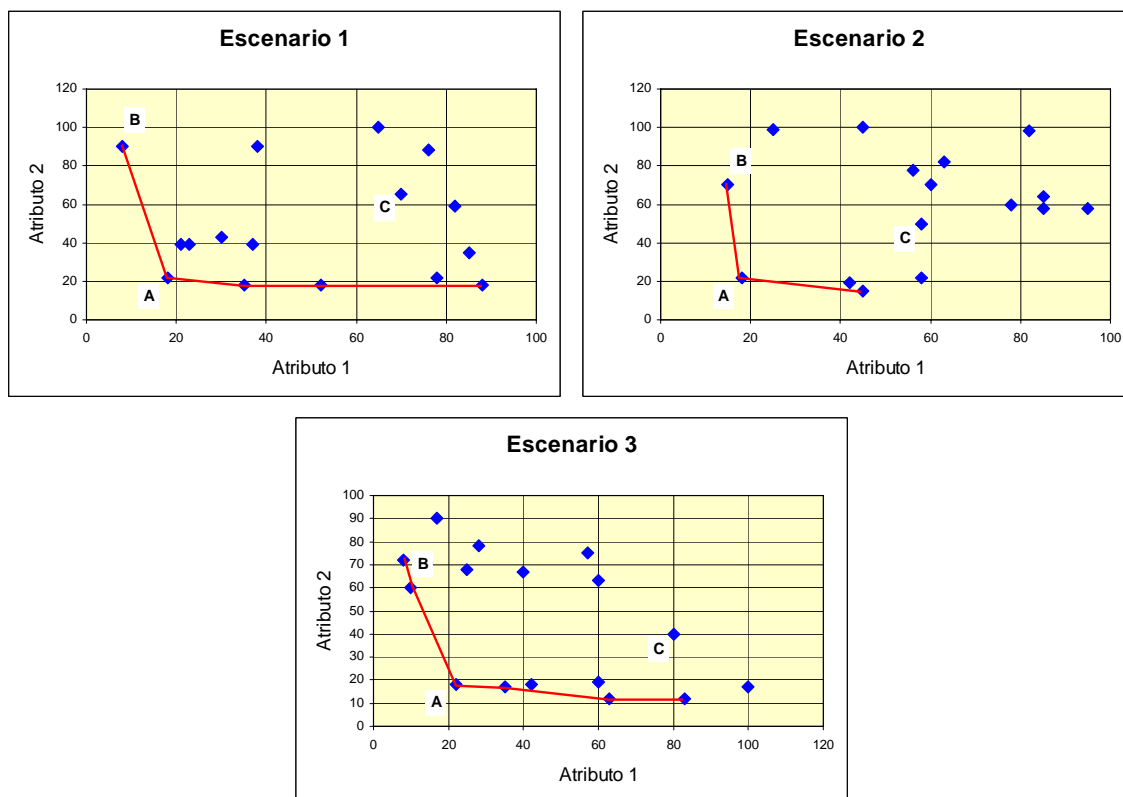


2.4.2.4 Análisis Risk

El riesgo es el azar al cual se expone una decisión debido a las incertidumbres, donde se puede tener dos dimensiones de riesgo: robustez y exposición (incluyendo arrepentimiento).

La primera dimensión de riesgo es la robustez. Si un plan está en la lista corta de planes atractivos para todos los futuros, entonces el plan es 100% robusto aunque a menudo no hay un plan 100% robusto. A modo de ejemplo, en la Figura 2-15 se presenta gráficamente la evaluación de dos atributos en tres escenarios (caso de minimización de atributos). Como se aprecia, la alternativa A es robusta debido a que se encuentra en el codo de la curva trade-off para todos los escenarios.

Figura 2-15: Evaluación de Atributos con el Método Trade-Off/Risk



La curva trade-off se construye de las opciones dominantes, es decir, de aquellas que son mejores al resto en por lo menos un atributo. Por ejemplo, en la Figura 2-15, la alternativa B domina a la alternativa C en el atributo 1 mientras que la alternativa A domina a la alternativa C en ambos atributos.

La curva trade-off representa la relación existente entre los atributos evaluados, sobre la cual se ubican las opciones que son factibles de seleccionar, permitiendo descartar las opciones que son dominadas. En el codo de la curva se ubican las opciones más interesantes. El método trade-off/risk incluye técnicas que permiten identificar la curva trade-off y su codo.

De no encontrarse una alternativa robusta, se procede a un análisis de riesgo o análisis risk de las opciones cercanas al codo de la curva trade-off. Dicho análisis pretende mitigar el riesgo asociado a una opción seleccionada. Se utiliza el método MINIMAX que trata de identificar las opciones que tienen menor exposición al riesgo.

3. Análisis de Mejora de la Confiabilidad

El presente capítulo presenta el análisis de mejora de la confiabilidad basado en la colocación de equipos de protección y seccionamiento por ser la estrategia más utilizada por las empresas distribuidoras, ya que sus resultados son inmediatos y su costo se asocia directamente con la mejora de la confiabilidad.

Se consideró alimentadores representativos de los sistemas de distribución eléctrica de alta densidad de carga del Perú, para los cuales se establecieron opciones de colocación de equipos de protección y seccionamiento, definidas de acuerdo al diseño estándar de los sistemas de distribución y la práctica usual de las empresas distribuidoras. Para cada opción se determinó los indicadores SAIFI y SAIDI, tomando en cuenta la metodología descrita en [ROM97] y [RIV99], la cual es del tipo probabilística analítica, aplicable a sistemas de distribución eléctrica y sensible a las acciones de mejora de la confiabilidad más importantes como la colocación de equipos de protección y seccionamiento y alimentaciones alternativas. La metodología toma en cuenta las técnicas básicas de evaluación de la confiabilidad con una extensión que divide el tiempo de reparación de una falla en función de las distintas operaciones que se llevan a cabo para reparar la misma y reponer el servicio eléctrico.

3.1 Selección de Alimentadores Representativos

Los sistemas de distribución eléctrica de alta densidad de carga del Perú tienen un total de 515 alimentadores, por lo que realizar un análisis de mejora de la confiabilidad para cada alimentador demandaría gran cantidad de tiempo y costo. Al respecto, es práctica usual en diversos análisis relacionados con los sistemas de distribución eléctrica, efectuar los mismos sobre la base de

alimentadores representativos, lo cual es factible ya que dichos sistemas están compuestos de instalaciones eléctricas estandarizadas de acuerdo a la densidad de carga, asociada al mercado eléctrico que atienden. Por lo mencionado, el análisis se realizó sobre alimentadores representativos.

Si bien se puede efectuar una selección de alimentadores representativos sobre la base del total de alimentadores, es adecuado efectuar dicha selección sobre la base de una estratificación simple de los mismos, a efectos de una mayor representatividad de los alimentadores que resulten seleccionados. Se consideró una estratificación por densidad de carga, a efectos de reflejar sus características técnicas, comerciales y de mercado eléctrico más relevantes.

3.1.1 Información Técnica y Comercial de los Alimentadores

La información técnica y comercial considerada para la selección de los alimentadores representativos comprende datos de longitud de las redes aéreas y subterráneas en media tensión, número y potencia instalada de subestaciones de distribución, redes aéreas y subterráneas en baja tensión, número de clientes en media y baja tensión, consumo de energía y demanda de potencia de cada alimentador. La información se incluye en el Anexo N° 1.

3.1.2 Estratificación de los Alimentadores

Para la estratificación de los alimentadores se utilizó la variable Densidad de Carga Lineal (kW/km), que refleja las características técnicas, comerciales y de mercado eléctrico de cada alimentador. Se consideró cinco estratos denominados de Muy Alta Densidad de Carga (MAD), Alta Densidad de Carga 1 (AD1), Alta Densidad de Carga 2 (AD2), Media Densidad de Carga (MD) y Baja Densidad de Carga (BD), dado que en los análisis tarifarios de los sistemas de distribución eléctrica Lima Norte y Lima Sur, las instalaciones eléctricas se estandarizan por cinco zonas de densidad de carga [OSI02], [OSI06].

Con la finalidad de establecer los límites de cada estrato, se efectuó un análisis descriptivo de la variable señalada, determinándose indicadores de tendencia central como la media y mediana, indicadores de dispersión como la desviación

estándar e indicadores de distribución como el coeficiente de curtosis y el coeficiente de asimetría.

Figura 3-1: Histograma de Frecuencia de la Variable Densidad de Carga Lineal

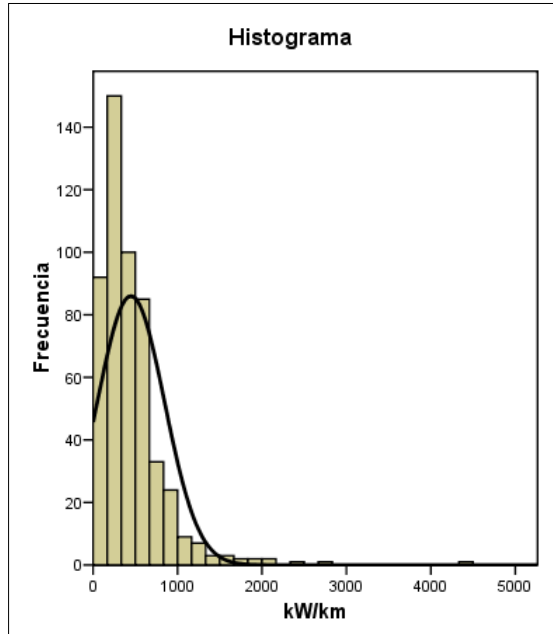


Tabla 3-1: Análisis Descriptivo de la Variable Densidad de Carga Lineal

Indicador Descriptivo	Valor
Media	448
Mediana	352
Desviación estándar	398
Coeficiente de curtosis	24.4
Coeficiente de asimetría	3.5
Rango	4 486
Mínimo	1
Máximo	4 487
Datos	515

De los resultados mostrados en la Figura 3-1 y la Tabla 3-1, se aprecia que la distribución de la variable es asimétrica a la derecha con alta concentración de datos, es decir, una distribución no uniforme. De acuerdo a las referencias [COC82] y [COS08] un método para estratificar una población en función de una variable con distribución no uniforme, como se presenta en la variable de Densidad de Carga Lineal, es el método Dalenius y Hodges. Sus ventajas respecto a otros métodos son su rapidez y sencillez de cálculo ya que la estratificación se realiza en función de la sumatoria acumulativa de la raíz cuadrada de las frecuencias de los datos. El método tiene por finalidad

minimizar las variabilidades al interior de cada estrato conformado, es decir, conformar estratos homogéneos en su interior pero heterogéneos entre sí. La función objetivo a minimizar aplicando el método mencionado se indica en la Ecuación 3-1.

Ecuación 3-1:
$$\sum_i W_i \times \sigma_i$$

Donde:

W_i → Peso del estrato i

σ_i → Desviación estándar del estrato i

El paso siguiente fue un análisis descriptivo de la variable Densidad de Carga Lineal pero por estrato. Los resultados se muestran en la Tabla 3-2.

Tabla 3-2: Análisis Descriptivo de la Variable Densidad de Carga Lineal por Estrato

	MAD	AD1	AD2	MD	BD
Indicador Descriptivo	Valor				
Media	1 702	827	559	339	144
Mediana	1 466	814	565	340	156
Desviación estándar	725	130	54	59	70
Coficiente de curtosis	9.2	-1.0	-1.1	-1.2	-0.9
Coficiente de asimetría	2.7	0.4	-0.1	0.2	-0.5
Rango	3 341	440	196	199	248
Mínimo	1 146	651	453	250	1
Máximo	4 487	1 091	649	449	249
Datos	24	71	97	155	168

De los resultados mostrados en la Tabla 3-2, se aprecia que todos los estratos a excepción del estrato de MAD, presentan aproximadamente una distribución uniforme, es decir, una distribución simétrica con concentración normal de datos. El estrato de MAD presenta una distribución asimétrica a la derecha con alta concentración de datos, es decir, una distribución no uniforme. En ese sentido, se puede concluir que se efectuó una estratificación adecuada de los alimentadores.

En la Tabla 3-3 se indica los rangos de los estratos de acuerdo a la variable de Densidad de Carga Lineal, que sirven para agrupar los alimentadores.

Tabla 3-3: Rangos de los Estratos según la Variable Densidad de Carga Lineal

Estrato	Rango
MAD	1100 kW/km < DL
AD1	650 kW/km < DL ≤ 1100 kW/km
AD2	450 kW/km < DL ≤ 650 kW/km
MD	250 kW/km < DL ≤ 450 kW/km
BD	DL ≤ 250 kW/km
DL: Densidad de Carga Lineal	

3.1.3 Alimentadores Representativos

Previamente a la selección de los alimentadores representativos, se efectuó el agrupamiento de los alimentadores según su densidad de carga lineal y los rangos de cada estrato. Los resultados se muestran en el Anexo N° 2.

La selección tomó en cuenta el tipo de distribución de cada estrato. En los estratos AD1, AD2, MD y BD con distribución uniforme, se tomó aquel alimentador con variable de Densidad de Carga Lineal cercano a la media. En el estrato MAD con distribución no uniforme, dada su característica de distribución, se tomó aquel alimentador con variable de Densidad de Carga Lineal entre la mediana y la media. Se seleccionó un alimentador por cada estrato debido a que la mayoría de estratos presenta una distribución uniforme, lo cual garantiza su representatividad, así como a restricciones de tiempo y costo. En la Tabla 3-4 se indican los alimentadores seleccionados como representativos de cada estrato.

Tabla 3-4: Alimentadores Representativos

	MAD	AD1	AD2	MD	BD
Sistema	Lima Sur	Lima Norte	Lima Sur	Lima Sur	Lima Sur
Centro de Transformación	SAN ISIDRO	PERSHING	LIMATAMBO	CHORRILLOS	ÑAÑA
Alimentador	SI15	Q18	C20	CH06	NA04
km MT	2.085	5.137	7.769	19.481	20.359
SED	5	9	13	55	73
kVA SED	5 270	3 090	6 900	8 790	6 155
km BT	4.638	18.331	24.174	54.922	124.242
Usuarios MT	4	6	4	20	5
Usuarios BT	747	3 818	1 950	2 386	11 325
MW.h MT	7 252	7 664	4 998	19 334	974
MW.h BT	10 063	13 939	16 818	16 225	13 676
kW	3 330	4 219	4 388	6 631	3 058
kW/km	1 597	821	565	340	150
MT: Media Tensión - BT: Baja Tensión - SED: Subestaciones de Distribución MT/BT					

En el Anexo N° 3 se incluyen mapas que muestran gráficamente el sistema de distribución primaria y las subestaciones de distribución de cada alimentador representativo.

3.2 Evaluación de la Confiabilidad

Para la evaluación de la confiabilidad de los alimentadores representativos, se desarrolló una herramienta informática que permite representar gráficamente los componentes de un sistema de distribución eléctrica, evaluando sus indicadores de confiabilidad de acuerdo a la metodología descrita en el numeral 2.3.

La herramienta tiene un entorno gráfico que permite sobre la topología del alimentador, configurar diferentes opciones de colocación de equipos de protección y seccionamiento y alimentaciones alternativas, calculando la frecuencia de falla y el tiempo de indisponibilidad de cada punto de suministro, así como los indicadores SAIFI, SAIDI y ENS del alimentador.

3.2.1 Modelamiento del Sistema de Distribución Eléctrica

Para la evaluación de la confiabilidad se considera el modelamiento descrito en el numeral 2.3.4.

El modelamiento puede llegar a representar hasta los circuitos en baja tensión. Sin embargo, la incidencia de dichos circuitos en los indicadores de confiabilidad no es significativa por lo que se considera solo el modelamiento hasta las subestaciones de distribución, concentrando los clientes y carga en baja tensión en la salida de las mismas.

Lo mencionado se sustenta en la estimación aproximada del SAIFI de los sistemas Lima Norte y Lima Sur.

- Para las redes en media tensión, el SAIFI se puede determinar con la siguiente expresión:

$$\text{Ecuación 3-2: SAIFI}_{MT} = \frac{\lambda_{MT} \times L_{MT}}{N_{MT}}$$

Donde:

λ_{MT} → Tasa de falla promedio de las redes en media tensión

L_{MT} → Longitud de las redes en media tensión

N_{MT} → Número de alimentadores en media tensión

Si consideramos para los sistemas Lima Norte y Lima Sur, $\lambda_{MT} = 0.20$ fallas/km-año, $L_{MT} = 5\,488$ km y $N_{MT} = 515$ alimentadores, se obtiene un $SAIFI_{MT} = 2.13$ fallas/año.

- Para las subestaciones de distribución, el SAIFI se puede determinar con la siguiente expresión:

Ecuación 3-3: $SAIFI_{SD} = \lambda_{SD}$

Donde:

λ_{SD} → Tasa de falla promedio de las subestaciones de distribución

Si consideramos para los sistemas Lima Norte y Lima Sur, $\lambda_{SD} = 0.08$ fallas/año, se obtiene un $SAIFI_{SD} = 0.08$ fallas/año.

- Para las redes en baja tensión, el SAIFI se puede determinar con la siguiente expresión:

Ecuación 3-4: $SAIFI_{BT} = \frac{\lambda_{BT} \times L_{BT}}{N_{BT}}$

Donde:

λ_{BT} → Tasa de falla promedio de las redes en baja tensión

L_{BT} → Longitud de las redes en baja tensión

N_{BT} → Número de circuitos en baja tensión

Si consideramos para los sistemas Lima Norte y Lima Sur, $\lambda_{BT} = 0.30$ fallas/km-año, $L_{BT} = 16\ 618$ km y $N_{BT} = 38\ 013$ circuitos, se obtiene un $SAIFIMT = 0.13$ fallas/año.

- El SAIFI del sistema es la suma del $SAIFI_{MT}$, $SAIFI_{SD}$ y $SAIFI_{BT}$. Para los sistemas Lima Norte y Lima Sur, se obtiene un $SAIFI = 2.34$ fallas/año, donde las redes en baja tensión participan con 6%.

Por lo explicado, el modelamiento de los sistemas de distribución eléctrica para evaluaciones de confiabilidad no consideran las redes en baja tensión. Además, en la práctica los esfuerzos de las empresas distribuidoras para la mejora de la confiabilidad de sus sistemas se concentran en las redes de media tensión.

En ese sentido, la presente tesis considera el modelamiento hasta las subestaciones de distribución.

3.2.2 Opciones de Mejora de la Confiabilidad

Previamente a la evaluación de la confiabilidad, se definieron las opciones de mejora de la confiabilidad a evaluar, las cuales consideraron la colocación de equipos de protección y seccionamiento y alimentaciones alternativas. Se diferenció opciones para alimentadores con redes subterráneas, aéreas o mixtas (subterráneas-aéreas), ya que los equipos que se utilizan en cada caso son distintos, es decir, una de sus características técnicas responden al tipo de red donde se los colocan.

Los equipos de protección y seccionamiento considerados son los siguientes:

- Seccionador: Equipo que puede ser abierto o cerrado sin carga para reconfigurar el alimentador.
- Seccionador fusible: Equipo que es capaz de despejar una falla aguas abajo de su ubicación, llevando la corriente a cero. Se conoce también como seccionador cut-out y se utiliza en redes aéreas.

- Seccionador bajo carga: Equipo que puede ser abierto o cerrado con carga para reconfigurar el alimentador. Se utiliza en redes aéreas.
- Seccionador bajo carga con fusible limitador: Equipo que puede ser abierto o cerrado con carga para reconfigurar el alimentador. Se utiliza en redes subterráneas.
- Seccionalizador: Equipo que detecta una falla aguas abajo de su ubicación y abre el circuito en forma coordinada con el equipo de protección y seccionamiento de cabecera (normalmente un reconectador). Se utiliza en redes aéreas.
- Reconectador: Equipo que detecta una falla aguas abajo de su ubicación, despeja las fallas transitorias y abre el circuito en caso de fallas permanentes. Se utiliza en redes aéreas.
- Interruptor: Equipo que detecta una falla aguas debajo de su ubicación y abre el circuito. Se utiliza principalmente en redes subterráneas.

Además, se consideraron equipos de señalización de corto circuito, con señal local y teleseñalizados, y alimentaciones alternativas, manuales con un seccionador bajo carga y automáticas con un interruptor automático.

Las opciones se definieron de acuerdo al diseño estándar de los sistemas de distribución y la práctica usual de las empresas distribuidoras, las cuales son:

- Para alimentadores subterráneos, se considera inicialmente la colocación de seccionadores bajo carga en la troncal y seccionadores bajo carga con fusible limitador en las laterales. Luego, se incorpora equipos de señalización de corto circuito con señal local y teleseñalizados. Después, estas opciones son evaluadas con alimentaciones alternativas manuales. Finalmente, se considera interruptores en la troncal y seccionadores bajo carga con fusible limitador en las laterales, evaluados sin y con alimentaciones alternativas manuales y automáticas.
- Para alimentadores aéreos, se considera inicialmente la colocación de seccionadores en la troncal y seccionadores fusible en las laterales. Luego,

se incorpora equipos de señalización de corto circuito con señal local y teleseñalizados. Después, estas opciones son evaluadas con alimentaciones alternativas manuales. Posteriormente, se considera seccionadores y seccionadores en la troncal y seccionadores fusible en las laterales, evaluados sin y con alimentaciones alternativas manuales. Finalmente, se considera reconectores, seccionadores y seccionadores en la troncal y seccionadores fusible en las laterales, evaluados sin y con alimentaciones alternativas manuales y automáticas.

- Para alimentadores mixtos (subterráneos-aéreos), se considera las opciones señaladas para alimentadores subterráneos y aéreos pero teniendo en cuenta el tipo de red donde se colocan los equipos.

En el Anexo N° 4 se detalla las opciones de mejora de la confiabilidad para los tipos de alimentadores indicados.

En todas las opciones se considera como existente en la salida del alimentador un equipo protección y seccionamiento de cabecera, ya sea un interruptor o un reconector dependiendo del tipo de red. Dicho equipo no se considera como parte del costo del equipamiento ya que pertenece a la subtransmisión. Asimismo, se considera que todas las subestaciones de distribución cuentan con el equipo de protección y seccionamiento del transformador, el cual forma parte del costo de instalación de las mismas.

3.2.3 Parámetros de Cálculo

Para la evaluación de la confiabilidad de los alimentadores representativos, se requiere establecer una serie de parámetros de cálculo o datos de entrada. En primer lugar, están los parámetros de los componentes modelados de dichos alimentadores, que reflejan su comportamiento desde el punto de vista de la confiabilidad, es decir, su tasa de falla y tiempo de reparación. En las Tablas N° 3-5 y N° 3-6 se indican dichos parámetros, establecidos tomando valores típicos señalados en las referencias [MER05] y [BRO02].

Tabla 3-5: Tasa de Falla (λ) de los Componentes

Elemento	Valor		Unidad
	Mínimo	Máximo	
Tramo aéreo	0.25	0.50	fallas/km-año
Tramo subterráneo	0.10	0.20	fallas/km-año
Subestación de distribución	0.08	0.16	fallas/unidad-año

Tabla 3-6: Tiempo de Reparación (r) de los Componentes

Elemento	Valor	Unidad
Tramo aéreo	3	horas
Tramo subterráneo	10	horas
Subestación de distribución	6	horas

Además, se tiene otros parámetros que permiten reflejar el tiempo de otras operaciones que se realizan durante la reparación de una falla como las operaciones para identificar el alimentador con falla, acceder al mismo, localizar la zona con falla, recorrer dicha zona e identificar el tramo averiado y aislar el tramo averiado. Para ello, se consideran los parámetros de la Tabla N° 3-7.

Tabla 3-7: Parámetros de Otras Operaciones para la Reparación de una Falla

Parámetro	Valor	Unidad
Tiempo de aviso	0.1	horas
Tiempo de acceso	0.5	horas
Velocidad de localización	10.0	km/h
Velocidad de recorrido	3.0	km/h

Los parámetros de velocidad indicados se aplican considerando la longitud de los tramos que comprende el alimentador, obteniéndose los tiempos de localización de la zona con falla y de recorrido de dicha zona para identificar el tramo averiado.

Otros parámetros que intervienen en la evaluación de la confiabilidad, son la longitud de los tramos, número de clientes y demanda media de los alimentadores en evaluación. En el Anexo N° 5 se incluye los parámetros de los alimentadores representativos.

Finalmente, se tiene el costo de los equipos de protección y seccionamiento que se utiliza para determinar el costo del equipamiento de cada opción de mejora de la confiabilidad. El costo cubre la adquisición del equipo y su instalación.

Tabla 3-8: Costo de Equipos de Protección y Seccionamiento

Código	Descripción	Costo US\$
SEL	Señalizador local	1 000
TSE	Teleseñalizador	3 000
SEC	Seccionador	300
SEC-F	Seccionador fusible	400
SBC	Seccionador bajo carga	3 000
SBC-F	Seccionador bajo carga fusible limitador	4 500
SCC	Seccionalizador	8 000
REC	Reconectador	12 000
INT	Interruptor	12 000
AAM	Alimentación alternativa manual	2 000
AAA	Alimentación alternativa automática	8 000

3.3 Resultados Análisis de Confiabilidad

Los resultados comprenden los indicadores SAIFI, SAIDI y ENS de las opciones evaluadas para cada alimentador representativo. También comprenden el costo de equipamiento de cada opción. Las tasas de falla consideradas para los componentes corresponden a los valores mínimo señalados en la Tabla N° 3-5.

3.3.1 Muy Alta Densidad de Carga

De los resultados de la evaluación de la confiabilidad del alimentador representativo de muy alta densidad de carga, se tiene un SAIFI igual a 0,29 fallas/usuario-año, un SAIDI igual a 2,82 horas/usuario-año y una ENS de 5,55 MW.h/año sin considerar la colocación de equipos de protección y seccionamiento.

Con la colocación de dichos equipos, a través de diferentes opciones, se mejora los indicadores de confiabilidad llegando a obtener un SAIFI igual a 0,13 fallas/usuario-año, un SAIDI igual a 1,06 horas/usuario-año y una ENS de 1,81 MW.h/año para una opción con un costo de US\$ 61 000.

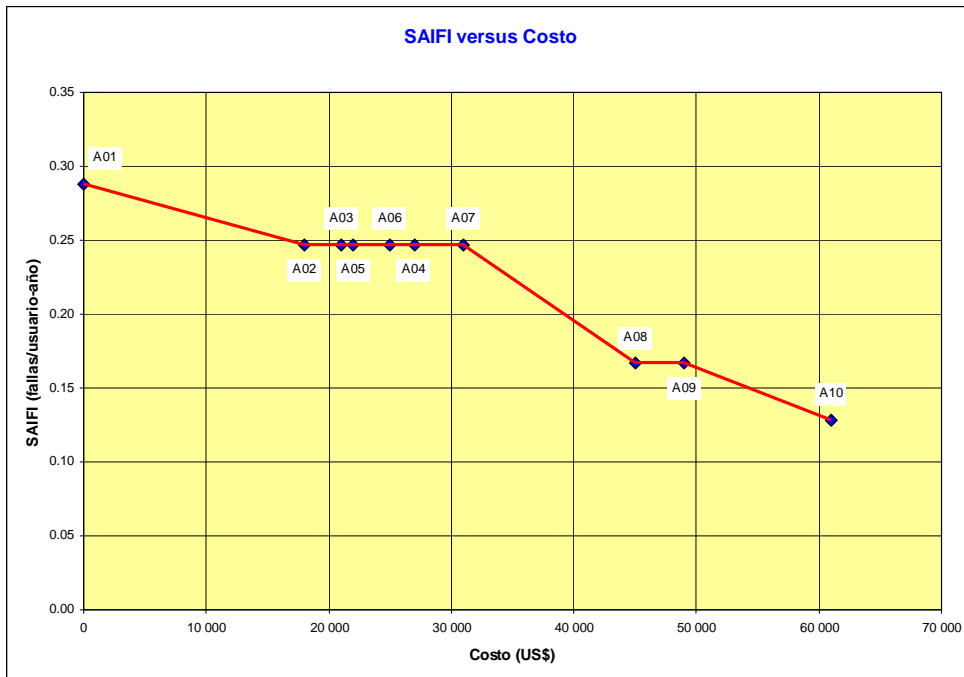
Sin embargo, es necesario evaluar si esta opción es la óptima, es decir, si el beneficio en mejora de la confiabilidad es igual o mayor al costo de implementación de la misma.

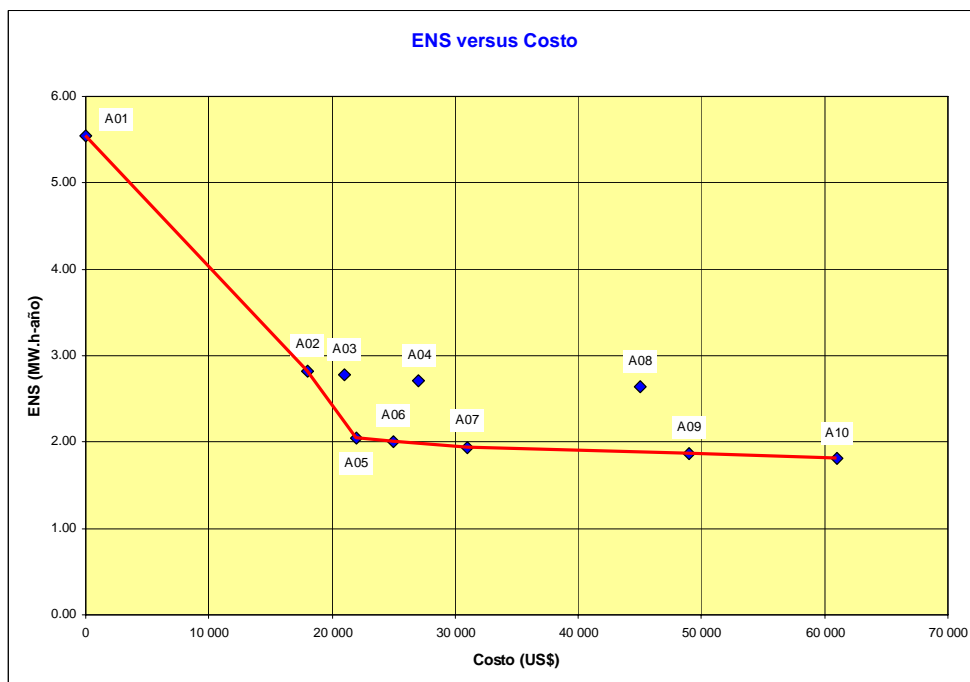
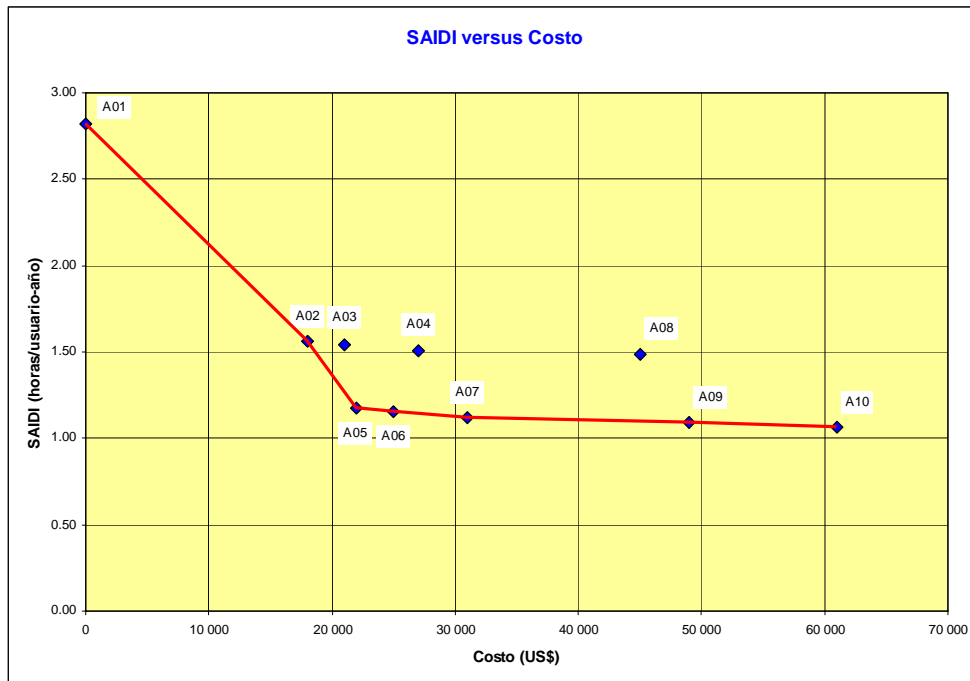
Tabla 3-9: Evaluación de la Confiabilidad – Muy Alta Densidad de Carga

Opción	SAIFI fallas/usuario-año	SAIDI horas/usuario-año	ENS MW.h-año	Costo Equipamiento US\$
A01	0.29	2.82	5.55	0
A02	0.25	1.56	2.82	18 000
A03	0.25	1.54	2.78	21 000
A04	0.25	1.51	2.71	27 000
A05	0.25	1.17	2.04	22 000
A06	0.25	1.15	2.00	25 000
A07	0.25	1.12	1.93	31 000
A08	0.17	1.48	2.65	45 000
A09	0.17	1.09	1.87	49 000
A10	0.13	1.06	1.81	61 000

A partir de los resultados mostrados en la Tabla 3-9, se pudo configurar la relación entre costo y confiabilidad, esta última evidenciada a través de los indicadores SAIFI, SAIDI y ENS.

Figura 3-2: SAIFI, SAIDI y ENS versus Costo – Muy Alta Densidad de Carga





Como se puede apreciar en los gráficos de la Figura 3-2, la relación se configuró a través de las opciones que superan a las demás teniendo en consideración el costo y nivel de confiabilidad de cada opción, es decir, aquellas con menor costo y/o mejor confiabilidad. Dentro de este grupo de opciones se encontrará aquella que resulte la óptima.

3.3.2 Alta Densidad de Carga 1

De los resultados de la evaluación de la confiabilidad del alimentador representativo de alta densidad de carga 1, se tiene un SAIFI igual a 0,60 fallas/usuario-año, un SAIDI igual a 6,41 horas/usuario-año y una ENS de 11,94 MW.h/año sin considerar la colocación de equipos de protección y seccionamiento.

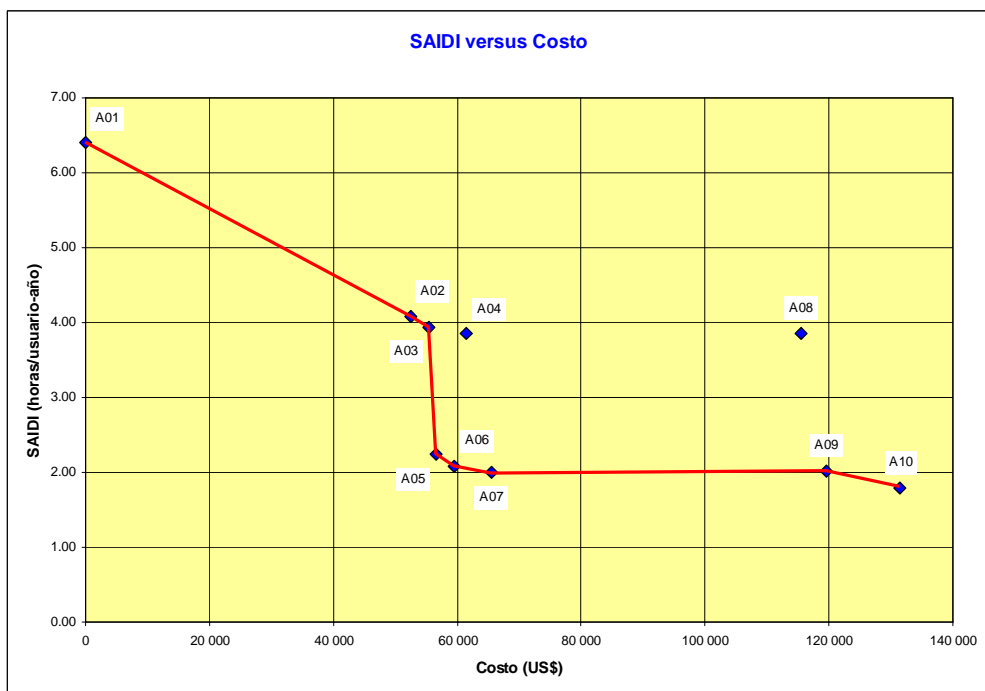
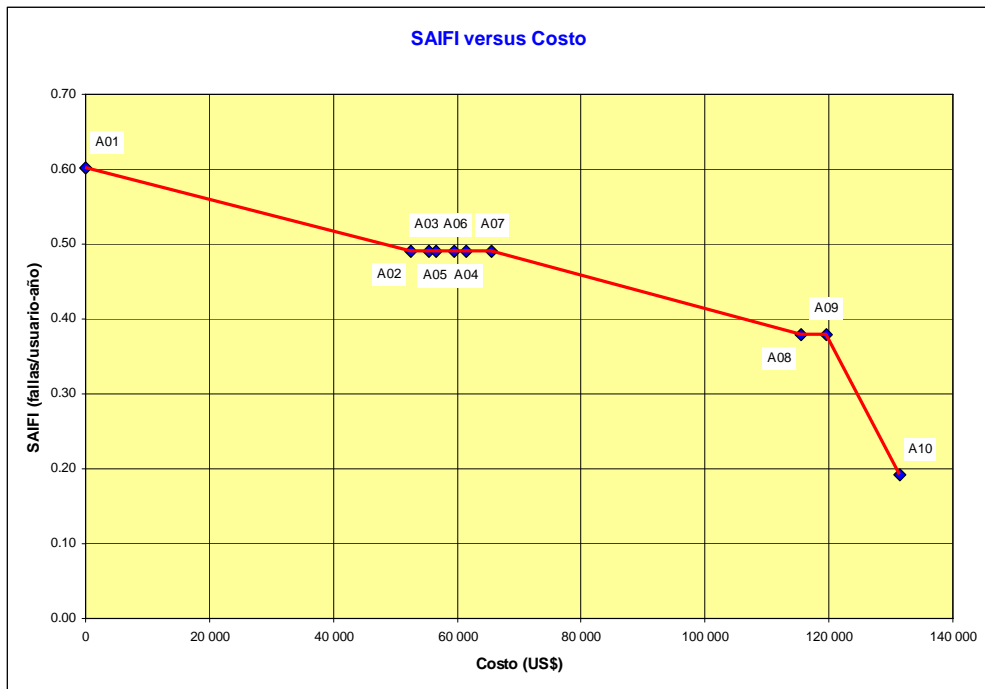
Con la colocación de dichos equipos, a través de diferentes opciones, se mejora los indicadores de confiabilidad llegándose a obtener un SAIFI igual a 0,19 fallas/usuario-año, un SAIDI igual a 1,78 horas/usuario-año y una ENS de 2,46 MW.h/año para una opción con un costo de US\$ 131 500.

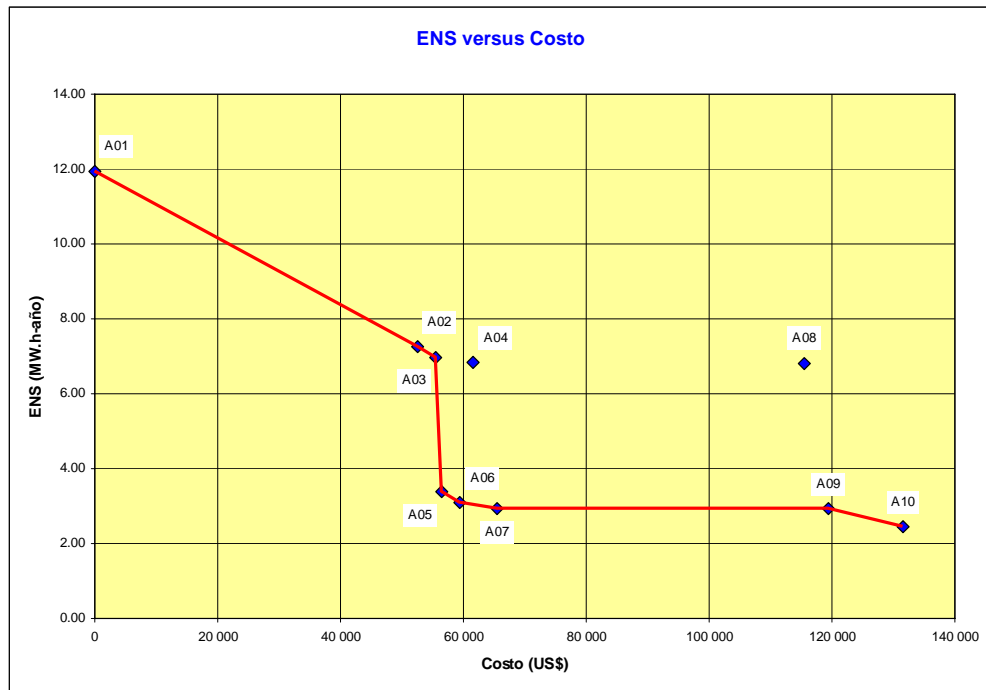
Tabla 3-10: Evaluación de la Confiabilidad – Alta Densidad de Carga 1

Opción	SAIFI fallas/usuario- año	SAIDI horas/usuario- año	ENS MW.h-año	Costo Equipamiento US\$
A01	0.60	6.41	11.94	0
A02	0.49	4.08	7.26	52 500
A03	0.49	3.93	6.97	55 500
A04	0.49	3.86	6.85	61 500
A05	0.49	2.24	3.39	56 500
A06	0.49	2.09	3.10	59 500
A07	0.49	2.00	2.93	65 500
A08	0.38	3.85	6.82	115 500
A09	0.38	2.01	2.94	119 500
A10	0.19	1.78	2.46	131 500

A partir de los resultados mostrados en la Tabla 3-10, se configuró la relación entre costo y confiabilidad, de igual forma que en el caso anterior.

Figura 3-3: SAIFI, SAIDI y ENS versus Costo – Alta Densidad de Carga 1





De igual forma que en el caso anterior, la relación se configuró a través de las opciones que superan a las demás. Dentro de este grupo de opciones se encontrará aquella que resulte la óptima.

3.3.3 Alta Densidad de Carga 2

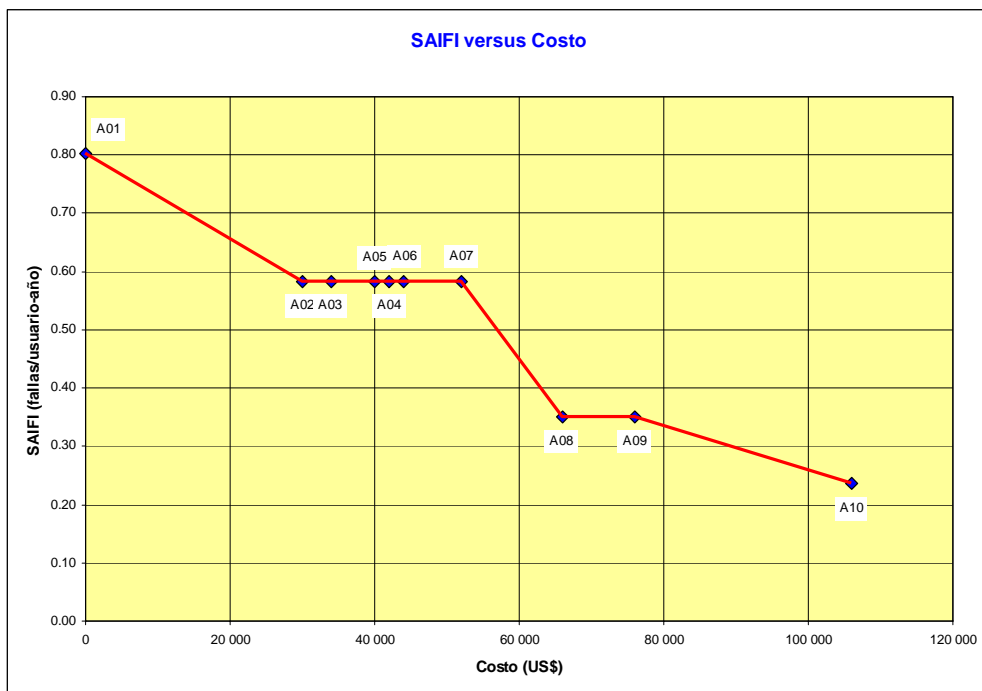
De los resultados de la evaluación de la confiabilidad del alimentador representativo de alta densidad de carga 2, se tiene un SAIFI igual a 0,80 fallas/usuario-año, un SAIDI igual a 9,07 horas/usuario-año y una ENS de 32,33 MW.h/año sin considerar la colocación de equipos de protección y seccionamiento.

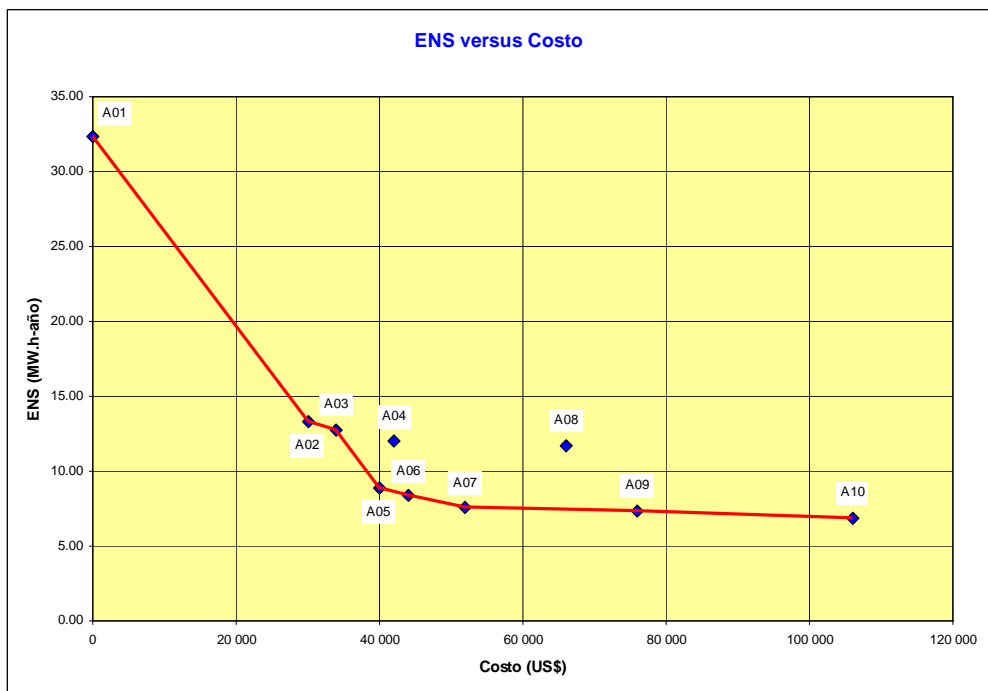
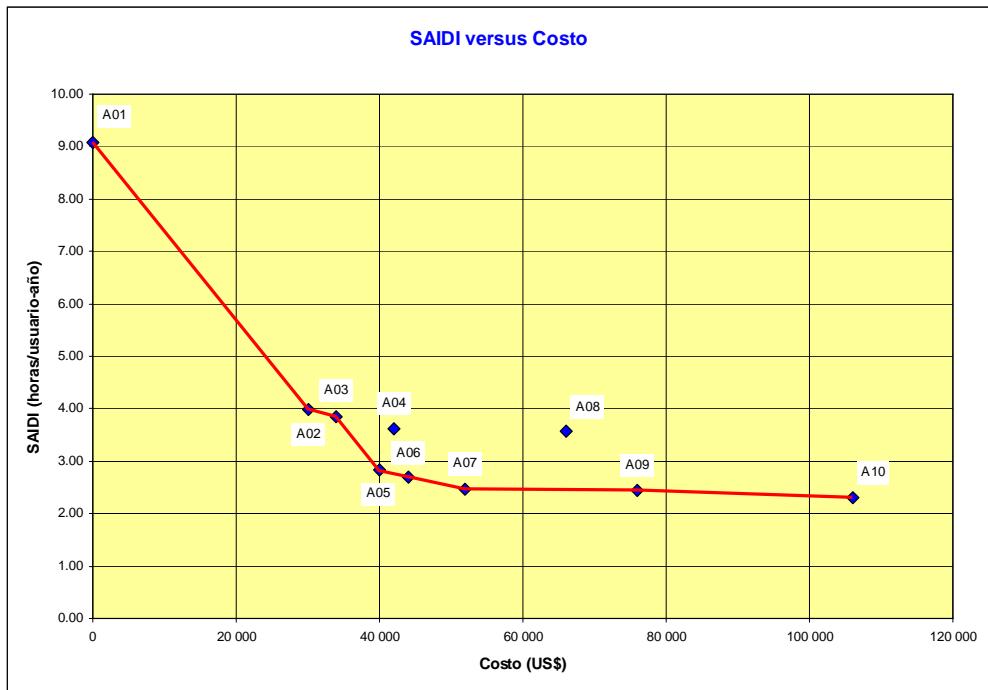
Con la colocación de dichos equipos, a través de diferentes opciones, se mejora los indicadores de confiabilidad llegando a obtener un SAIFI igual a 0,24 fallas/usuario-año, un SAIDI igual a 2,31 horas/usuario-año y una ENS de 6,82 MW.h/año para una opción con un costo de US\$ 106 000.

Tabla 3-11: Evaluación de la Confiabilidad – Alta Densidad de Carga 2

Opción	SAIFI fallas/usuario- año	SAIDI horas/usuario- año	ENS MW.h-año	Costo Equipamiento US\$
A01	0.80	9.07	32.33	0
A02	0.58	3.99	13.31	30 000
A03	0.58	3.84	12.78	34 000
A04	0.58	3.61	11.98	42 000
A05	0.58	2.84	8.89	40 000
A06	0.58	2.70	8.36	44 000
A07	0.58	2.47	7.55	52 000
A08	0.35	3.57	11.71	66 000
A09	0.35	2.44	7.33	76 000
A10	0.24	2.31	6.82	106 000

Figura 3-4: SAIFI, SAIDI y ENS versus Costo – Alta Densidad de Carga 2





3.3.4 Media Densidad de Carga

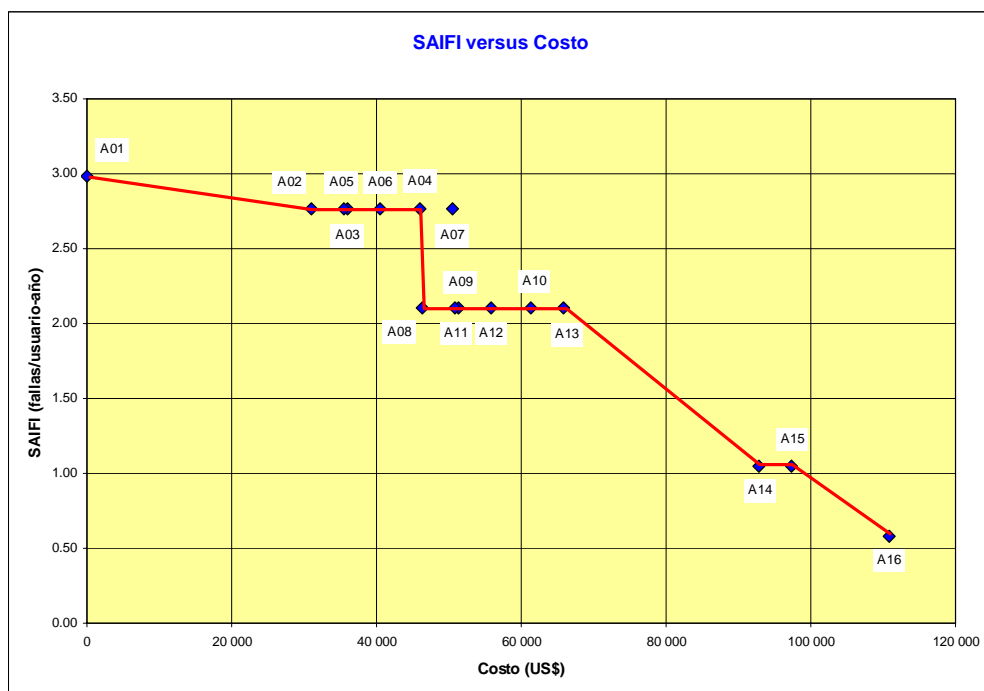
De los resultados de la evaluación de la confiabilidad del alimentador representativo de media densidad de carga, se tiene un SAIFI igual a 2,98 fallas/usuario-año, un SAIDI igual a 28,48 horas/usuario-año y una ENS de 139,38 MW.h/año sin considerar la colocación de equipos de protección y seccionamiento.

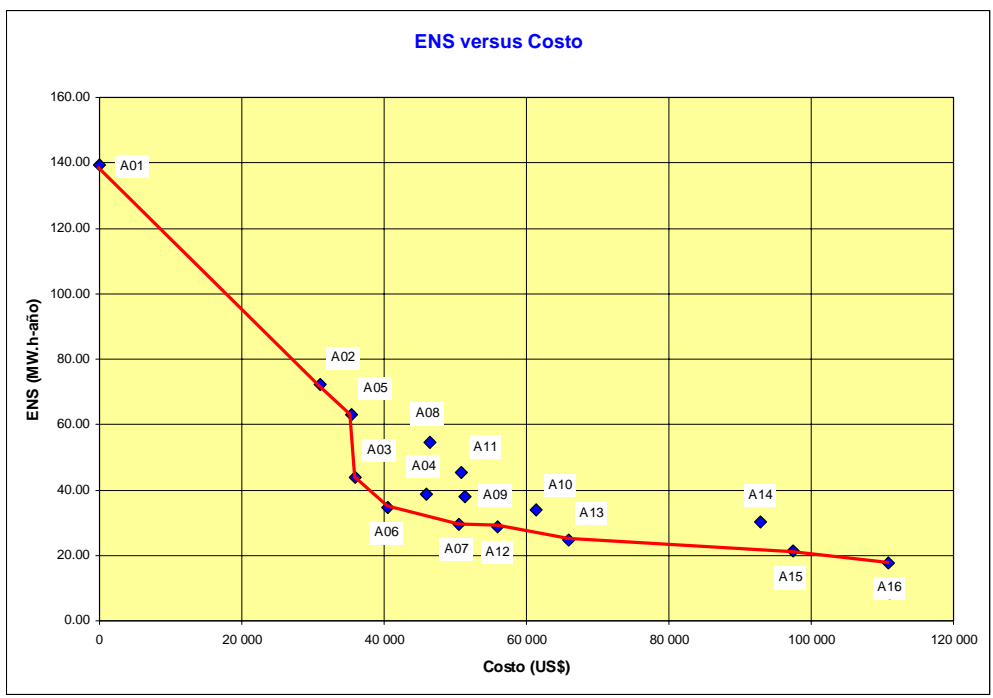
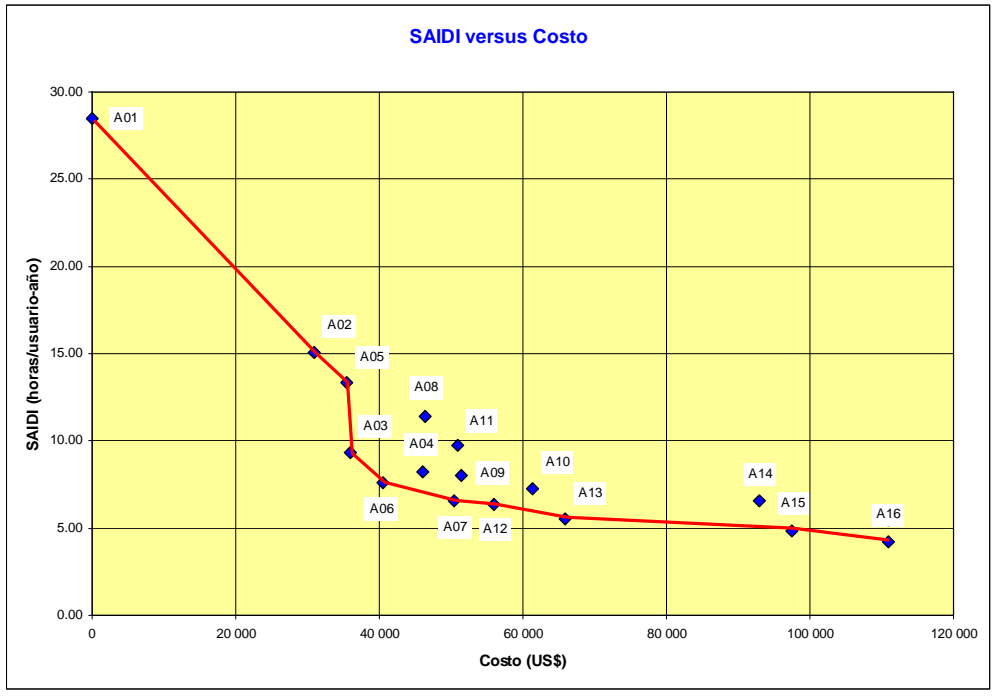
Con la colocación de dichos equipos, a través de diferentes opciones, se mejora los indicadores de confiabilidad llegando a obtener un SAIFI igual a 0,58 fallas/usuario-año, un SAIDI igual a 4,21 horas/usuario-año y una ENS de 17,72 MW.h/año para una opción con un costo de US\$ 110 900.

Tabla 3-12: Evaluación de la Confiabilidad – Media Densidad de Carga

Opción	SAIFI fallas/usuario-año	SAIDI horas/usuario-año	ENS MW.h-año	Costo Equipamiento US\$
A01	2.98	28.48	139.38	0
A02	2.77	15.07	72.18	31 000
A03	2.77	9.33	43.84	36 000
A04	2.77	8.25	38.55	46 000
A05	2.77	13.36	63.12	35 500
A06	2.77	7.62	34.77	40 500
A07	2.77	6.55	29.49	50 500
A08	2.10	11.42	54.57	46 400
A09	2.10	8.03	37.90	51 400
A10	2.10	7.25	33.94	61 400
A11	2.10	9.72	45.51	50 900
A12	2.10	6.33	28.83	55 900
A13	2.10	5.55	24.87	65 900
A14	1.05	6.56	30.28	92 900
A15	1.05	4.86	21.21	97 400
A16	0.58	4.21	17.72	110 900

Figura 3-5: SAIFI, SAIDI y ENS versus Costo – Media Densidad de Carga





3.3.5 Baja Densidad de Carga

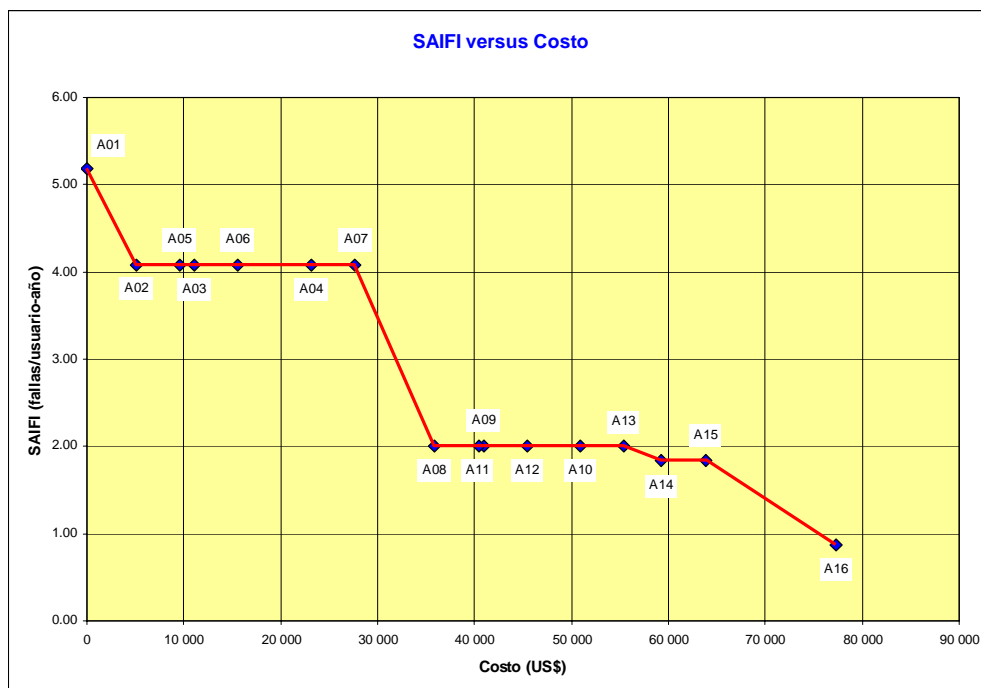
De los resultados de la evaluación de la confiabilidad del alimentador representativo de baja densidad de carga, se tiene un SAIFI igual a 5,18 fallas/usuario-año, un SAIDI igual a 36,96 horas/usuario-año y una ENS de 61,74 MW.h/año sin considerar la colocación de equipos de protección y seccionamiento.

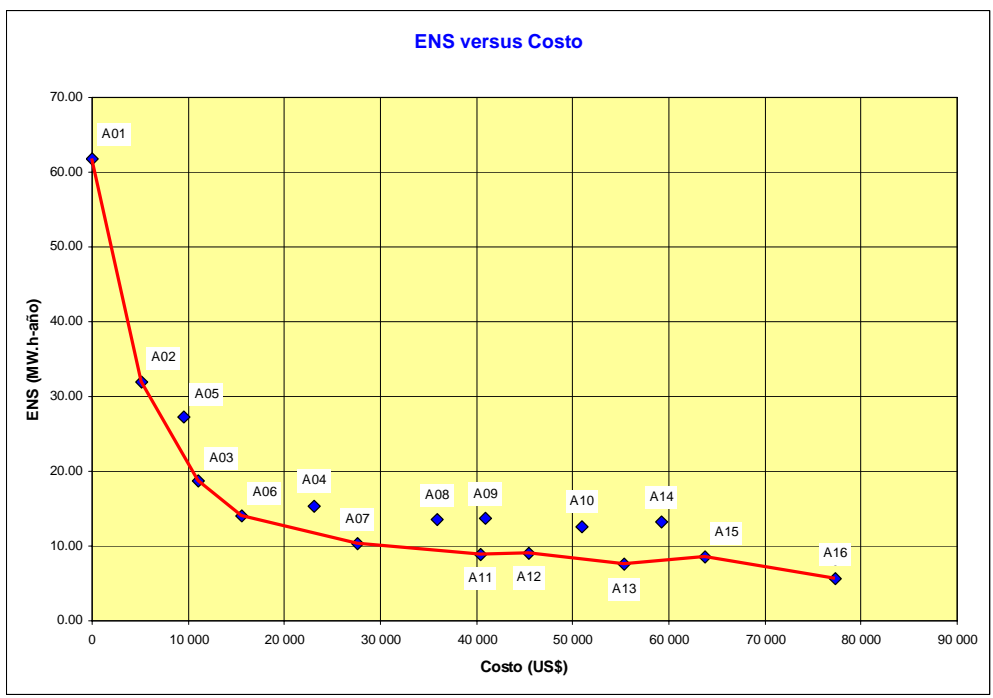
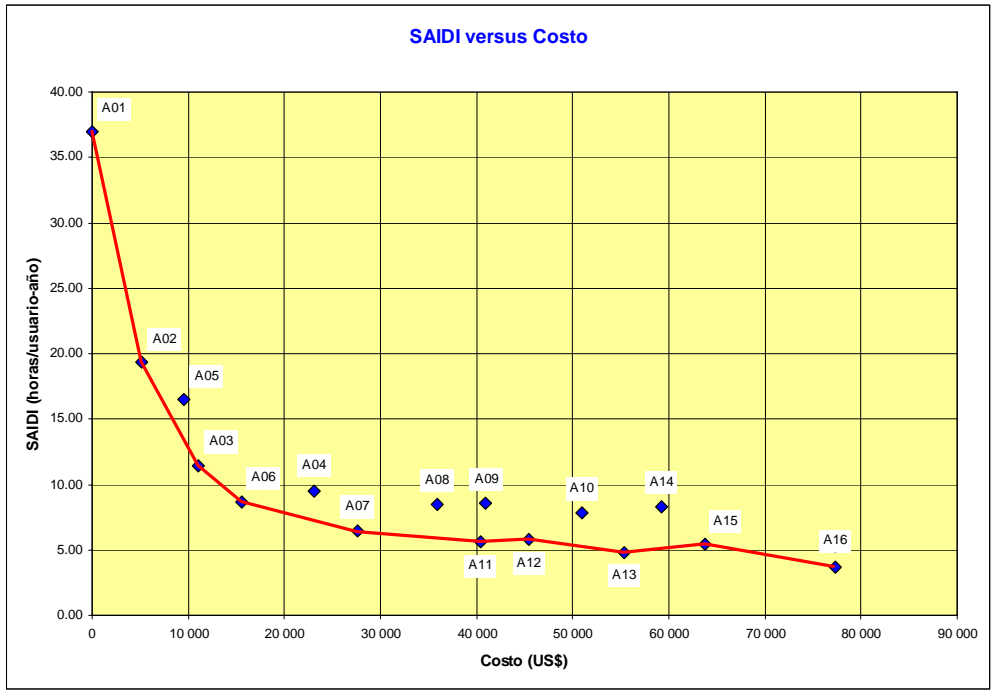
Con la colocación de dichos equipos, a través de diferentes opciones, se mejora los indicadores de confiabilidad llegándose a obtener un SAIFI igual a 0,88 fallas/usuario-año, un SAIDI igual a 3,72 horas/usuario-año y una ENS de 5,65 MW.h/año para una opción con un costo de US\$ 110 900.

Tabla 3-13: Evaluación de la Confiabilidad – Baja Densidad de Carga

Opción	SAIFI fallas/usuario-año	SAIDI horas/usuario-año	ENS MW.h-año	Costo Equipamiento US\$
A01	5.18	36.96	61.74	0
A02	4.07	19.32	31.88	5 100
A03	4.07	11.46	18.72	11 100
A04	4.07	9.47	15.40	23 100
A05	4.07	16.52	27.20	9 600
A06	4.07	8.66	14.04	15 600
A07	4.07	6.48	10.40	27 600
A08	2.01	8.45	13.54	35 900
A09	2.01	8.58	13.76	40 900
A10	2.01	7.79	12.52	50 900
A11	2.01	5.65	8.85	40 400
A12	2.01	5.78	9.08	45 400
A13	2.01	4.80	7.53	55 400
A14	1.83	8.27	13.26	59 300
A15	1.83	5.47	8.58	63 800
A16	0.88	3.72	5.65	77 300

Figura 3-6: SAIFI, SAIDI y ENS versus Costo – Baja Densidad de Carga





Hasta este punto se ha configurado la relación entre costo y confiabilidad de los alimentadores representativos, considerando los indicadores de confiabilidad SAIFI, SAIDI y ENS. Como se puede apreciar de las Figuras 3-2 a la 3-6, la relación entre SAIFI y costo no es muy sensible a las diferentes opciones de mejora de la confiabilidad, debido a que para diferentes opciones se obtiene la misma frecuencia de falla. En el caso de la relación entre SAIDI y costo, se obtiene una buena sensibilidad de las opciones de mejora de la confiabilidad, lo

cual permite la identificación de la opción óptima a través del método de compromiso/riesgo (trade off/risk).

Respecto a la relación entre ENS y costo, esta sigue la misma tendencia de la relación entre SAIDI y costo, por lo que es suficiente esta última para evaluar la opción óptima.

3.4 Resultados Trade-Off/Risk

Se considera la relación entre SAIDI y costo, que refleja una buena sensibilidad de las opciones de mejora de la confiabilidad, según se concluyó en el numeral anterior. Una vez que se selecciona la opción óptima, sus indicadores SAIFI y SAIDI asociados se constituirían en la referencia para el incentivo de la mejora de la confiabilidad. El costo de dicha opción permitiría evaluar el nivel de inversión económica requerido para la mejora de la confiabilidad de los sistemas de distribución eléctrica de alta densidad de carga del Perú.

3.4.1 Determinación del Equilibrio Óptimo

La determinación del equilibrio óptimo entre costo y confiabilidad del análisis de mejora de la confiabilidad de los sistemas de distribución eléctrica de alta densidad de carga del Perú, tomó en cuenta el método trade-off/risk descrito y los resultados de evaluación de la confiabilidad señalados en el numeral anterior.

Se establecieron las opciones, incertidumbres, escenarios y atributos para la aplicación del método señalado, determinándose las opciones óptimas para cada alimentador representativo de muy alta densidad de carga, alta densidad de carga 1, alta densidad de carga 2, media densidad de carga y baja densidad de carga.

A partir de dichas opciones óptimas se determinaron los indicadores SAIFI y SAIDI óptimos, así como el costo para alcanzar los mismos, considerando la mejora de confiabilidad basada en la colocación de equipos de protección y seccionamiento.

3.4.1.1 Opciones

Como opciones se tiene la utilización de diferentes tipos de equipos de protección y seccionamiento y de alimentaciones alternativas para la mejora de la confiabilidad. Se hace una diferenciación entre alimentadores subterráneos, aéreos y mixtos (subterráneos-aéreos), ya que la solución de mejora es distinta en cada caso por el tipo de equipo a utilizar. Las opciones consideradas se describen en el numeral 3.2.2.

3.4.1.2 Incertidumbres

En el caso de las incertidumbres, se consideran como relevantes el número de clientes y la demanda de cada alimentador representativo, ya que inciden en la determinación de los indicadores de confiabilidad SAIFI, SAIDI y ENS. En ese sentido, se toma la información de número de clientes y demanda de cada alimentador representativo de los años 2006, 2007 y 2008, a efectos de evaluar el impacto de dichas incertidumbres en las opciones de mejora de la confiabilidad.

Otra de las incertidumbres que afectan la evaluación de la confiabilidad, son las tasas de falla de los componentes de los sistemas de distribución eléctrica, ya que no se cuenta con información confiable de las mismas y su estimación es difícil. Para dichas tasas se considera un valor mínimo y un valor máximo que se indican en la Tabla 3-5.

3.4.1.3 Escenarios

Los escenarios surgen de la combinación entre las opciones consideradas y las incertidumbres señaladas. De esta forma, se tiene para cada alimentador representativo seis escenarios.

Tabla 3-14: Escenarios para la Evaluación de Costo y Confiabilidad

Escenarios	MAD	AD1	AD2	MD	BD	Total
	Cantidad de Opciones					
Información año 2006, tasas de falla valor mínimo	10	10	10	16	16	62
Información año 2006, tasas de falla valor máximo	10	10	10	16	16	62
Información año 2007, tasas de falla valor mínimo	10	10	10	16	16	62
Información año 2007, tasas de falla valor máximo	10	10	10	16	16	62
Información año 2008, tasas de falla valor mínimo	10	10	10	16	16	62
Información año 2008, tasas de falla valor máximo	10	10	10	16	16	62
Total	60	60	60	96	96	372

De acuerdo a la cantidad de opciones consideradas para cada alimentador representativo, se tiene un total de 372 evaluaciones de mejora de la confiabilidad.

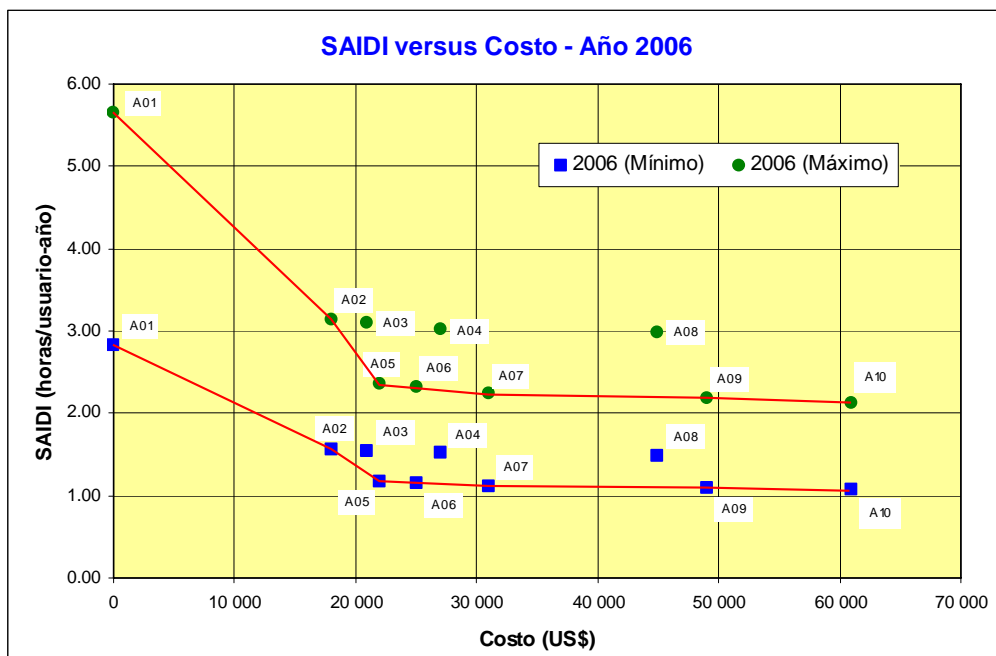
3.4.1.4 Atributos

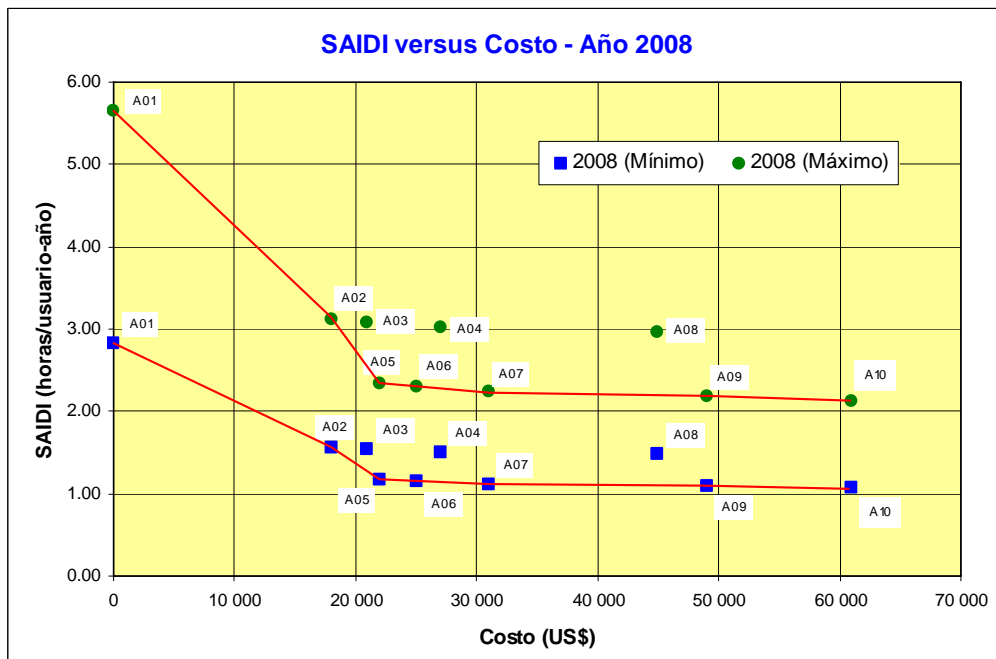
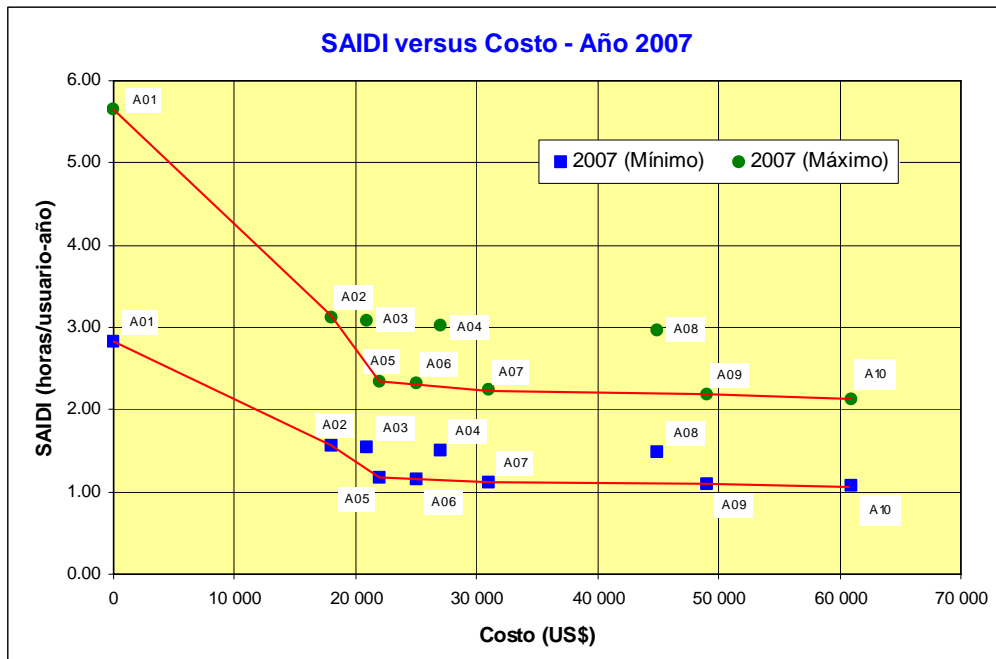
Para caracterizar cada una de las opciones en términos de costo y confiabilidad, se considera atributos relevantes. En el caso del costo, se considera el costo de equipamiento de cada opción, es decir, la inversión económica de los diferentes equipos y alimentaciones alternativas. En el caso de la confiabilidad, se considera el indicador SAIDI por las razones ya mencionadas.

3.4.2 Muy Alta Densidad de Carga

Se consideró como alimentador representativo el SI15, del centro de transformación San Isidro, del sistema de distribución eléctrica Lima Sur, que es un alimentador 100% subterráneo.

Figura 3-7: Resultados – Muy Alta Densidad de Carga





En la Figura 3-7, se muestra los resultados de los diversos escenarios de las 10 opciones de mejora de confiabilidad del alimentador representativo de muy alta densidad de carga. Como se puede concluir las opciones A02, A05 y A06 del codo de las curvas trade-off son robustas, teniendo en cuenta el número de clientes de los años 2006, 2007 y 2008, así como los valores mínimo y máximo de las tasas de falla de los componentes de los sistemas de distribución eléctrica.

El siguiente paso es determinar cual de las tres opciones robustas es la óptima, es decir, que refleja un equilibrio entre costo y confiabilidad. Para ello, se ha tomado en cuenta el indicador costo anual de la opción por unidad de energía que se evita no suministrar por la implementación de dicha opción (ver Ecuación 3-5).

$$\text{Ecuación 3-5: } I = \frac{\text{CAE}}{\text{EENS}} = \frac{\text{CE} \times \frac{i \times (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}}{\text{ENS}_{\text{SE}} - \text{ENS}_{\text{CE}}}$$

Donde:

I → Costo anual de la opción por unidad de energía que se evita no suministrar

CAE → Costo anual de equipamiento de la opción que se calcula del producto entre el costo de equipamiento (CE) por el factor de recuperación de capital

($\text{FRC} = \frac{i \times (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$), considerando una vida útil (n) de 30 años y una tasa efectiva anual (i) de 12%

EENS → Energía que se evita no suministrar que se calcula de la diferencia entre la ENS que se obtiene sin considerar ningún equipamiento (ENS_{SE}) y la ENS que se obtiene con el equipamiento de la opción (ENS_{CE})

El indicador I representa el nivel de aprovechamiento de la inversión económica, cuanto menor sea el indicador mejor se aprovecha dicha inversión.

Tabla 3-15: Opciones Robustas – Muy Alta Densidad de Carga

Opción	SAIFI fallas/usuario- año	SAIDI horas/usuario- año	EENS MW.h-año	Costo US\$	Costo Anual US\$	I US\$/kW.h
A02	0.25	1.56	2.73	18 000	2 235	0.82
A05	0.25	1.17	3.50	22 000	2 731	0.78
A06	0.25	1.15	3.55	25 000	3 104	0.87

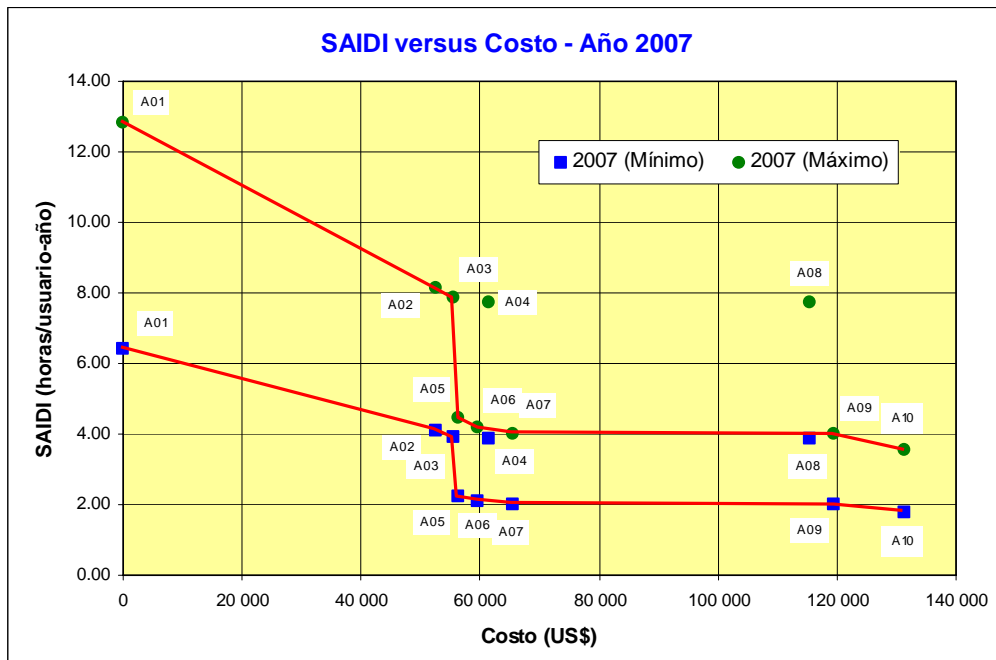
De la Tabla 3-15, la opción óptima para el alimentador de muy alta densidad de carga es la A05, a partir de la cual se obtiene un SAIFI de 0.25 fallas/usuario-año y un SAIDI de 1.17 horas/usuario-año con un costo de equipamiento de US\$ 22 000 o 10 552 US\$/km. La opción A05 comprende la colocación de

seccionadores bajo carga (troncal), seccionadores bajo carga con fusible limitador (laterales) y alimentaciones alternativas manuales.

3.4.3 Alta Densidad de Carga 1

Se consideró como alimentador representativo el Q18, del centro de transformación Pershing, del sistema de distribución eléctrica Lima Norte, que es un alimentador 99% subterráneo.

Figura 3-8: Resultados – Alta Densidad de Carga 1



En la Figura 3-8, se muestra los resultados de las 10 opciones de mejora de confiabilidad del alimentador representativo de alta densidad de carga 1. Como se puede concluir las opciones A05 y A06 del codo de las curvas trade-off son robustas, teniendo en cuenta los valores mínimo y máximo de las tasas de falla de los componentes de los sistemas de distribución eléctrica. Lo mismo se presenta considerando el número de clientes de los años 2006, 2007 y 2008.

La opción óptima se determina tomando en cuenta el indicador I señalado en el numeral 3.4.2.

Tabla 3-16: Opciones Robustas – Alta Densidad de Carga 1

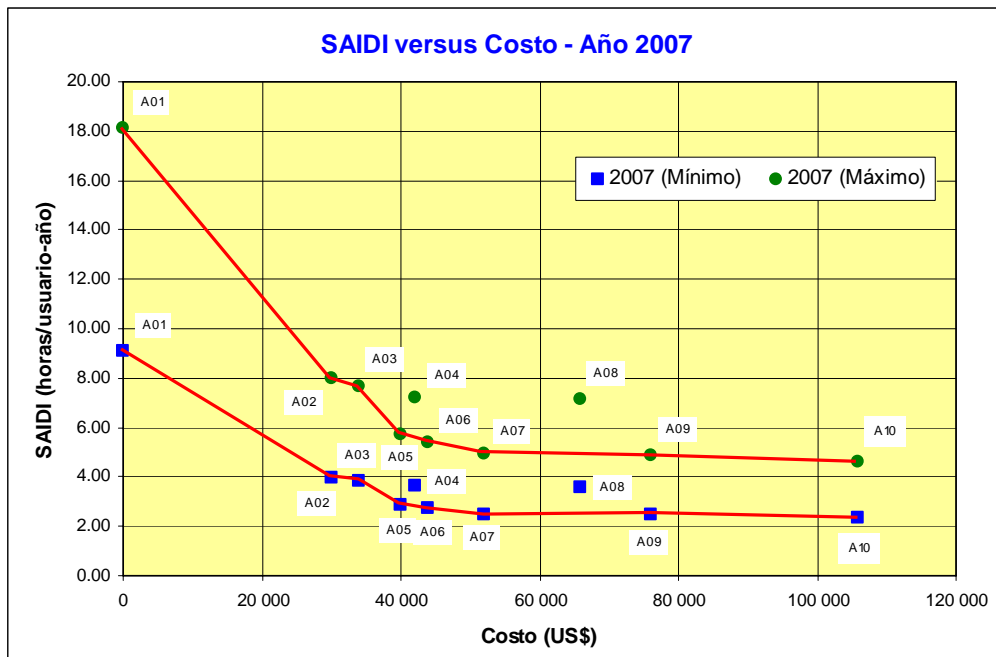
Opción	SAIFI fallas/usuario-año	SAIDI horas/usuario-año	EENS MW.h-año	Costo US\$	Costo Anual US\$	I US\$/kW.h
A05	0.49	2.24	8.55	56 500	7 014	0.82
A06	0.49	2.09	8.84	59 500	7 387	0.84

De la Tabla 3-16, la opción óptima para el alimentador de alta densidad de carga 1 es la A05, a partir de la cual se obtiene un SAIFI de 0.49 fallas/usuario-año y un SAIDI de 2.24 horas/usuario-año con un costo de equipamiento de US\$ 56 500 o 11 029 US\$/km. La opción A05 comprende la colocación de seccionadores bajo carga (troncal), seccionadores bajo carga con fusible limitador (laterales) y alimentaciones alternativas manuales.

3.4.4 Alta Densidad de Carga 2

Se consideró como alimentador representativo el C20, del centro de transformación Limatambo, del sistema de distribución eléctrica Lima Sur, que es un alimentador 100% subterráneo.

Figura 3-9: Resultados – Alta Densidad de Carga 2



En la Figura 3-9, se muestra los resultados de las 10 opciones de mejora de confiabilidad del alimentador representativo de alta densidad de carga 2. Como se puede concluir las opciones A05 y A06 del codo de las curvas trade-off son robustas, teniendo en cuenta los valores mínimo y máximo de las tasas de falla de los componentes de los sistemas de distribución eléctrica. Lo mismo se presenta considerando el número de clientes de los años 2006, 2007 y 2008.

La opción óptima se determina tomado en cuenta el indicador I señalado en el numeral 3.4.2.

Tabla 3-17: Opciones Robustas – Alta Densidad de Carga 2

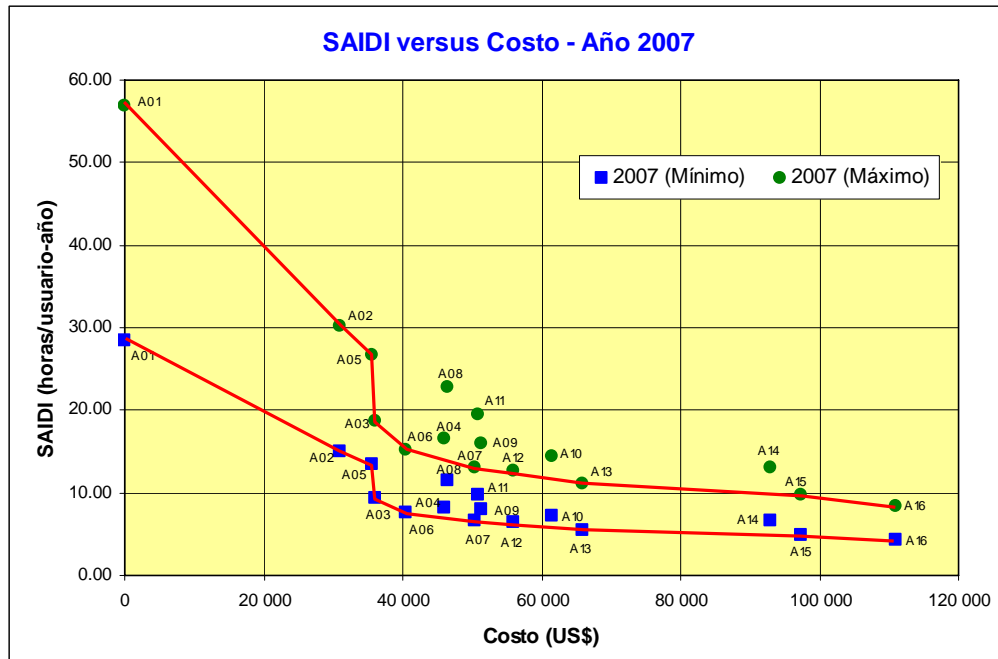
Opción	SAIFI fallas/usuario- año	SAIDI horas/usuario- año	EENS MW.h-año	Costo US\$	Costo Anual US\$	I US\$/kW.h
A05	0.58	2.84	23.44	40 000	4 966	0.21
A06	0.58	2.70	23.98	44 000	5 462	0.23

De la Tabla 3-17, la opción óptima para el alimentador de alta densidad de carga 2 es la A05, a partir de la cual se obtiene un SAIFI de 0.58 fallas/usuario-año y un SAIDI de 2.84 horas/usuario-año con un costo de equipamiento de US\$ 40 000 o 5 533 US\$/km. La opción A05 comprende la colocación de seccionadores bajo carga (troncal), seccionadores bajo carga con fusible limitador (laterales) y alimentaciones alternativas manuales.

3.4.5 Media Densidad de Carga

Se consideró como alimentador representativo el CH06, del centro de transformación Chorrillos, del sistema de distribución eléctrica Lima Sur, que es un alimentador 64% subterráneo.

Figura 3-10: Resultados – Media Densidad de Carga



En la Figura 3-10, se muestra los resultados de las 16 opciones de mejora de confiabilidad del alimentador representativo de media densidad de carga. Como se puede concluir las opciones A03, A05 y A06 del codo de las curvas trade-off son robustas, teniendo en cuenta los valores mínimo y máximo de las tasas de falla de los componentes de los sistemas de distribución eléctrica. Lo mismo se presenta considerando el número de clientes de los años 2006, 2007 y 2008.

La opción óptima se determina tomando en cuenta el indicador I señalado en el numeral 3.4.2.

Tabla 3-18: Opciones Robustas – Media Densidad de Carga

Opción	SAIFI fallas/usuario-año	SAIDI horas/usuario-año	EENS MW.h-año	Costo US\$	Costo Anual US\$	I US\$/kW.h
A03	2.77	9.33	95.55	36 000	4 469	0.047
A05	2.77	13.36	76.27	35 500	4 407	0.058
A06	2.77	7.62	104.61	40 500	5 028	0.048

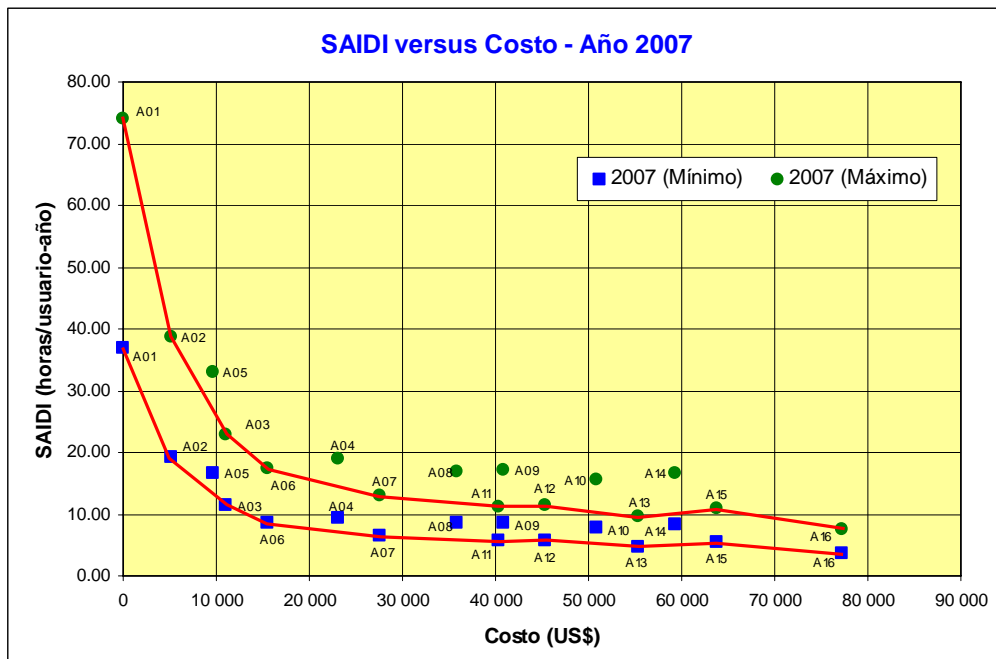
De la Tabla 3-18, la opción óptima para el alimentador de media densidad de carga es la A03, a partir de la cual se obtiene un SAIFI de 2.77 fallas/usuario-año y un SAIDI de 9.33 horas/usuario-año con un costo de equipamiento de

US\$ 36 000 o 1 888 US\$/km. La opción A03 comprende la colocación de seccionadores bajo carga (troncal subterránea), seccionadores (troncal aérea), seccionadores bajo carga con fusible limitador (laterales subterráneas), seccionadores fusible (laterales) y señalizadores de cortocircuito sin alimentaciones alternativas.

3.4.6 Baja Densidad de Carga

Se consideró como alimentador representativo el NA04, del centro de transformación Ñaña, del sistema de distribución eléctrica Lima Sur, que es un alimentador 97% aéreo.

Figura 3-11: Resultados – Baja Densidad de Carga



En la Figura 3-11, se muestra los resultados de las 16 opciones de mejora de confiabilidad del alimentador representativo de baja densidad de carga. Como se puede concluir las opciones A03 y A06 del codo de las curvas trade-off son robustas, teniendo en cuenta los valores mínimo y máximo de las tasas de falla de los componentes de los sistemas de distribución eléctrica. Lo mismo se presenta considerando el número de clientes de los años 2006, 2007 y 2008.

La opción óptima se determina tomado en cuenta el indicador I señalado en el numeral 3.4.2.

Tabla 3-19: Opciones Robustas – Baja Densidad de Carga

Opción	SAIFI fallas/usuario- año	SAIDI horas/usuario- año	EENS MW.h-año	Costo US\$	Costo Anual US\$	I US\$/kW.h
A03	4.07	11.46	43.01	11 100	1 378	0.032
A06	4.07	8.66	47.70	15 600	1 937	0.041

De la Tabla 3-19, la opción óptima para el alimentador de media densidad de carga es la A03, a partir de la cual se obtiene un SAIFI de 4.07 fallas/usuario-año y un SAIDI de 11.46 horas/usuario-año con un costo de equipamiento de US\$ 11 000 o 752 US\$/km. La opción A03 comprende la colocación de seccionadores (troncal), seccionadores fusible (laterales) y señalizadores de cortocircuito sin alimentaciones alternativas.

3.5 Resumen

Los resultados obtenidos en la presente tesis están relacionados con la determinación de los indicadores SAIFI y SAIDI de los sistemas de distribución eléctrica de alta densidad de carga del Perú, que respondan a un equilibrio óptimo entre costo y confiabilidad. Dichos indicadores se constituyen en referencias para el incentivo de la mejora de la confiabilidad de los sistemas mencionados.

Para la determinación de los indicadores SAIFI y SAIDI se consideró alimentadores representativos y se tomó como mejoras diversas opciones de colocación de equipos de protección y seccionamiento y alimentaciones alternativas. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 3-20.

Tabla 3-20: Indicadores de Confiabilidad por Alimentadores Representativos

Tipo	SAIFI fallas/usuario- año	SAIDI horas/usuario- año	Costo US\$	Costo US\$/km	I US\$/kW.h
MAD	0.25	1.17	22 000	10 552	0.78
AD1	0.49	2.24	56 500	11 029	0.82
AD2	0.58	2.84	40 000	5 533	0.21
MD	2.77	9.33	36 000	1 888	0.05
BD	4.07	11.46	11 100	752	0.03

También se muestra el indicador I que representa el nivel de aprovechamiento de la inversión económica, constituyéndose en el equilibrio óptimo entre costo y confiabilidad.

A partir de los resultados mostrados en la Tabla 3-20, se determinó los indicadores SAIFI y SAIDI a nivel de los sistemas de distribución Lima Norte y Lima Sur, así como a nivel total, considerando como ponderador el número de clientes. Los resultados son los siguientes:

Tabla 3-21: Indicadores de Confiabilidad SAIFI y SAIDI – Lima Norte

Zona	SAIFI fallas/usuario- año	SAIDI horas/usuario- año	Costo US\$/km	Clientes	km	Costo Total miles US\$
MAD	0.25	1.17	10 552	3 967	11	117
AD1	0.49	2.24	11 029	32 946	87	957
AD2	0.58	2.84	5 533	88 867	220	1 216
MD	2.77	9.33	1 888	349 244	834	1 575
BD	4.07	11.46	752	419 982	1 330	1 000
Total	3.07	9.39		895 006	2 482	4 864

Tabla 3-22: Indicadores de Confiabilidad SAIFI y SAIDI – Lima Sur

Zona	SAIFI fallas/usuario- año	SAIDI horas/usuario- año	Costo US\$/km	Clientes	km	Costo Total miles US\$
MAD	0.25	1.17	10 552	8 567	41	429
AD1	0.49	2.24	11 029	93 778	231	2 549
AD2	0.58	2.84	5 533	176 923	422	2 333
MD	2.77	9.33	1 888	202 890	682	1 287
BD	4.07	11.46	752	291 906	1 631	1 226
Total	2.46	7.70		774 064	3 006	7 824

Tabla 3-23: Indicadores de Confiabilidad SAIFI y SAIDI – Total

Zona	SAIFI fallas/usuario- año	SAIDI horas/usuario- año	Costo US\$/km	Clientes	km	Costo Total miles US\$
MAD	0.25	1.17	10 552	12 534	52	546
AD1	0.49	2.24	11 029	126 724	318	3 506
AD2	0.58	2.84	5 533	265 790	641	3 548
MD	2.77	9.33	1 888	552 134	1 516	2 862
BD	4.07	11.46	752	711 888	2 961	2 226
Total	2.78	8.60		1 669 070	5 488	12 688

4. Conclusiones, Aportes y Recomendaciones

4.1 Conclusiones

- 4.1.1 De acuerdo a los resultados de la presente tesis, los indicadores SAIFI y SAIDI que responden a un equilibrio óptimo entre costo y confiabilidad y permitirían incentivar la mejora de la confiabilidad de los sistemas de distribución eléctrica son 2.78 fallas/usuario-año y 8.60 horas/usuario-año. La inversión económica estimada para alcanzar dichos indicadores asciende a 12 688 miles US\$.
- 4.1.2 Considerando como opción de mejora de la confiabilidad de los sistemas de distribución eléctrica de alta densidad de carga, la colocación de equipos de protección y seccionamiento, se tiene para alimentadores subterráneos que la opción óptima comprende el uso de seccionadores bajo carga en la troncal del alimentador, seccionadores bajo carga con fusible limitador en sus laterales y alimentaciones alternativas manuales. En el caso de alimentadores aéreos, la opción óptima comprende el uso de seccionadores en la troncal del alimentador, seccionadores fusible en sus laterales y señalizadores de cortocircuito sin alimentaciones alternativas. Cuando se trata de alimentadores mixtos (subterráneos-aéreos), la opción óptima comprende el uso de equipos que resultan de una combinación de las opciones óptimas para alimentadores subterráneos y aéreos señaladas, sin alimentaciones alternativas.
- 4.1.3 Las opciones óptimas deben ser evaluadas teniendo en cuenta el equilibrio óptimo entre costo y confiabilidad, el cual se identifica a través del indicador I , denominado costo anual de la opción por unidad de energía que se evita no suministrar. Dadas las características de los sistemas de distribución eléctrica, el equilibrio óptimo se diferencia de acuerdo a la densidad de carga MAD, AD1, AD2, MD y BD. Así se tiene los siguientes valores:

Tabla 4-1: Indicador I del Equilibrio Óptimo entre Costo y Confiabilidad

Tipo	I US\$/kW.h
MAD	0.78
AD1	0.82
AD2	0.21
MD	0.05
BD	0.03

De esta forma, al evaluar opciones de mejora de la confiabilidad se deberá tener en cuenta el indicador I del equilibrio óptimo. Por ejemplo, para el tipo de densidad de carga MAD, opciones con un indicador I cercano a 0.78 US\$/kW.h serán las más apropiadas, para el tipo BD opciones alrededor de 0.03 US\$/kW.h serán las más adecuadas.

- 4.1.4 Los resultados obtenidos constituyen referencias para mejorar la confiabilidad de los sistemas de distribución eléctrica de alta densidad de carga. Desde el punto de vista de las empresas distribuidoras, se cuenta con opciones óptimas de colocación de equipos de protección y seccionamiento diferenciadas por tipo de alimentador y nivel de densidad de carga, así como un indicador para la evaluación del nivel de aprovechamiento de la inversión económica (costo anual por unidad de energía que se evita no suministrar). Desde el punto de vista del organismo supervisor, se cuenta con referencias de niveles de inversión económica para análisis tarifarios, así como con referencias de niveles de confiabilidad a efectos de fiscalizar el desempeño de los sistemas de distribución eléctrica.
- 4.1.5 Dada las características de los mercados eléctricos que sirven los sistemas de distribución eléctrica, es importante la tipificación de dichos sistemas para efectos de diversos análisis técnicos y económicos como el desarrollado en la presente tesis, lo cual permite mejorar la precisión de los resultados. En esta tarea, el análisis estadístico se constituye en una herramienta muy importante que facilita los análisis.
- 4.1.6 El modelamiento apropiado de los sistemas de distribución eléctrica, así como la selección correcta de una técnica de evaluación de la

confiabilidad permite sensibilizar los efectos de diversas opciones de mejora de la confiabilidad. Además, es importante el conocimiento del sistema en estudio, desde el punto de vista de su operación y mantenimiento.

4.2 Aportes

- 4.2.1 Se ha establecido niveles de confiabilidad SAIFI y SAIDI de referencia aplicables a los sistemas de distribución de alta densidad de carga del país, que responden a un equilibrio óptimo entre costo y confiabilidad.
- 4.2.2 Se ha establecido un indicador para la evaluación del nivel de aprovechamiento de la inversión económica (costo anual por unidad de energía que se evita no suministrar), aplicables a los sistemas de distribución de alta densidad de carga del país.
- 4.2.3 Se ha establecido una metodología de análisis de mejora de la confiabilidad para la determinación de indicadores de confiabilidad SAIFI y SAIDI óptimos, que toma en cuenta el análisis estadístico, técnicas de evaluación de la confiabilidad y un método de análisis de decisiones bajo incertidumbres. Dicha metodología representa una alternativa de análisis de mejora de la confiabilidad respecto a metodologías convencionales, donde se requiere la valoración de los niveles de confiabilidad desde el punto de vista de los clientes, de difícil estimación.

4.3 Recomendaciones

- 4.3.1 Dadas las limitaciones y alcances de la presente tesis, se recomienda complementar el análisis de mejora de la confiabilidad con otras opciones de mejora como la renovación de las instalaciones eléctricas y el perfeccionamiento de las actividades de operación y mantenimiento. Además, se recomienda considerar la ampliación de la cantidad de los alimentadores representativos para una mejor precisión de los resultados.

- 4.3.2 Un parámetro relevante del análisis desarrollado es el costo de las diferentes opciones de mejora de la confiabilidad, asociado principalmente al costo de los equipos de protección y seccionamiento, el cual se ha considerado constante. Dada la permanente variación de precios, se recomienda la evaluación de la incidencia del costo en los resultados obtenidos.
- 4.3.3 A efectos de completar el panorama respecto a los niveles de confiabilidad de los sistemas de distribución eléctrica del Perú, se recomienda extender el análisis de mejora de confiabilidad a sistemas de distribución eléctrica de media y baja densidad de carga.

5. Bibliografía

- [LCE92] Decreto Ley N° 25844, “Ley de Concesiones Eléctricas”, Noviembre 1992.
- [RLCE93] Decreto Supremo N° 009-93-EM, “Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas”, Febrero 1993.
- [NTCSE97] Decreto Supremo N° 020-97-EM, “Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos”, Octubre 1997.
- [OSI02] OSINERGMIN, “Proceso de Cálculo de las Tarifas de Distribución Eléctrica, Fijación Noviembre 2001 – Octubre 2005”, Resolución OSINERG N° 001-2002-OS/CD, Enero 2002.
- [OSI04] OSINERGMIN, “Procedimiento para la Supervisión de la Operación de los Sistemas Eléctricos”, Resolución OSINERG N° 074-2004-OS/CD, Abril 2004.
- [OSI06] OSINERGMIN, “Proceso de Cálculo de las Tarifas de Distribución Eléctrica, Fijación Noviembre 2005 – Octubre 2009”, Resolución OSINERG N° 162-2006-OS/CD, Abril 2006.
- [OSI0408] OSINERGMIN, “Reportes Semestrales de la Gerencia de Fiscalización Eléctrica N° 2-2004, N° 1-2005, N° 2-2005, N° 1-2006, N° 2-2006, N° 1-2007, N° 2-2007 y N° 1-2008”.
- [MEM09] Ministerio de Energía y Minas, “Criterios y Metodología para la Elaboración del Plan de Transmisión”, Resolución Ministerial N° 129-2009-MEM/DM, Marzo 2009.
- [WEC64] Central Station Engineers, Westinghouse Electric Corporation, “Electrical Transmission and Distribution Reference Book”, East Pittsburgh, Pennsylvania, 1964, Chapters 20 y 21.

- [BIL82] R. Billinton, R. N. Allan, "Reliability Evaluation of Engineering Systems: Concepts and Techniques", Pitman Advanced Publishing Program, London, 1982, Chapters 4, 9 y 10.
- [COC82] W. G. Cochran, "Técnicas de Muestreo", Editorial Continental, México, 1982, Capítulo 5, Páginas 169 a 174.
- [BIL84] R. Billinton, R. N. Allan, "Reliability Evaluation of Power Systems", Pitman Advanced Publishing Program, London, 1984, Chapter 7.
- [BRO02] R. E. Brown, "Electric Power Distribution Reliability", Marcel Dekker, New York, 2002, Chapters 1, 2 y 4.
- [CHO09] A. Chowdhury, D. Koval, "Power Distribution System Reliability, Practical Methods and Applications", IEEE Press Series on Power Engineering, IEEE Press, published by John Wiley & Sons, 2009.
- [ROM97] J. Román, J. Rivier, "Reliability analysis of distribution systems considering sub-unavailabilities", Proceedings of the International Conference on Safety and Reliability ESREL 1997, Vol. 2, pp. 1105-1113, Pergamon, Lisboa, 1997.
- [RIV99] J. Rivier, "Calidad del Servicio. Regulación y Optimización de Inversiones.", Tesis Doctoral, Universidad Pontificia Comillas de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Junio 1999, Capítulos 4, 5 y 6.
- [CRO92-1] E. Crousillat, H. Merrill, "The Trade-off/Risk Method: A Strategic Approach to Power Planning", The World Bank, Industry and Energy Department, Working Paper Energy Series, Paper N° 54, May 1992, Chapter 2.
- [CRO92-2] E. Crousillat, P. Dörfner, P. Alvarado, H. Merrill, "Conflicting Objectives and Risk in Power System Planning", IEEE/PES 1992 Summer Meeting, Seattle, WA, July 1992.

- [MER05] Mercados Energéticos, “Supervisión del Estudio de Costos del Valor Agregado de Distribución del Sector Típico 1”, Cuarto Informe, Diciembre 2005, Volumen 3, Numerales 2.2, 8.1, 8.2 y 10.6.
- [COS08] Cosanac, “Estudio de Determinación de los Sectores de Distribución Típicos”, Agosto 2008.
- [IEEE91] R. Allan, R. Billinton, I. Sjarief, L. Goel, K. So, “A Reliability Test System For Educational Purposes – Basic Distribution System Data and Results”, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 6, N° 2, May 1991, pp. 813-820.
- [IEEE96] R. Billinton, S. Jonnavithula, “A Test System For Teaching Overall Power System Reliability Assessment”, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 11, N° 4, November 1996, pp. 1670-1676.
- [IEEE04] IEEE, “IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices”, IEEE Standards 1366-2003, May 2004.
- [CIER07] Coordinación Internacional de Distribución y Comercialización, “Proyecto CIER 06, Informe de Resultados Año 2006, Sumario Ejecutivo, Indicadores de Calidad de Servicio en Empresas Distribuidoras de Energía Eléctrica”, Comisión de Integración Energética Regional (CIER), Diciembre 2007.
- [ESP09] Página web (www.mityc.es) del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio de España, Sección Energía, Subsección Energía Eléctrica (Calidad de Servicio), Diciembre 2009.

6. Anexos

6.1 Anexo N° 1: Información Técnica y Comercial de los Alimentadores

Nombre Empresa	Nombre Sistema	Centro de Transformación	Alimentador	Red Media Tensión (km)			Subestaciones de Distribución (unidad)			Subestaciones de Distribución (kVA)			Baja Tensión Aérea		Baja Tensión Subterránea		Baja Tensión (Aérea + Subterránea)		Clientes al 31/12/2007			Energía Año 2007 (MW.h)			Demanda Año 2007 (kW)		
				Red Aérea	Red Subterránea	Total	Aéreas	Subterráneas	Total	Aéreas	Subterráneas	Total	Red Servicio Particular (km)	Red Alumbrado Público (km)	Red Servicio Particular (km)	Red Alumbrado Público (km)	Red Servicio Particular (km)	Red Alumbrado Público (km)	Media Tensión	Baja Tensión	Total	Media Tensión	Baja Tensión	Total	Media Tensión	Baja Tensión	Total
EDELNOR	Lima Norte	ANCON	N01	4.464	0.171	4.635	6	1	7	370	50	420	2.593	4.583	2.282	3.160	4.875	7.743	2	135	137	620	657	1 277	102	139	242
EDELNOR	Lima Norte	ANCON	N02	0.107	4.197	4.304	2	12	14	200	2 725	2 925	2.111	2.630	13.425	11.387	15.536	14.017	3	1 245	1 248	1 004	2 106	3 111	166	446	612
EDELNOR	Lima Norte	ANCON	N04	10.191	1.206	11.397	23	3	26	2 090	285	2 375	14.560	18.355	12.034	11.651	26.594	30.006	6	2 157	2 163	1 584	3 352	4 936	262	710	972
EDELNOR	Lima Norte	ANCON	N05	1.003	1.820	2.823	5	2	7	560	380	940	6.076	6.655	11.320	9.891	17.396	16.546	0	1 297	1 297	0	1 918	1 918	0	406	406
EDELNOR	Lima Norte	ANCON	N06	10.866	8.061	18.927	24	6	30	2 580	710	3 290	16.332	20.289	31.172	37.006	47.504	57.295	6	2 841	2 847	1 583	3 167	4 750	262	671	932
EDELNOR	Lima Norte	BARSI	K01	2.229	2.923	5.152	23	2	25	1 570	510	2 080	5.405	6.852	1.641	1.034	7.046	7.886	7	1 042	1 049	20 830	4 588	25 418	3 441	972	4 413
EDELNOR	Lima Norte	BARSI	K02	0.571	7.790	8.361	10	11	21	1 930	3 220	5 150	1.506	1.148	31.315	23.971	32.821	25.119	0	4 271	4 271	0	13 888	13 888	0	2 942	2 942
EDELNOR	Lima Norte	BARSI	K03		4.091	4.091	0	2	2	0	650	650	0.086	1.419	1.562	0.452	1.648	1.871	3	58	61	7 393	469	7 863	1 221	99	1 321
EDELNOR	Lima Norte	BARSI	K07	0.987	10.436	11.423	10	7	17	1 900	1 980	3 880	0.295	1.186	17.738	14.149	18.033	15.335	5	2 759	2 764	13 759	8 102	21 861	2 273	1 716	3 989
EDELNOR	Lima Norte	BARSI	K09	0.007	5.876	5.883	2	20	22	210	2 450	2 660	1.061	1.944	23.348	19.190	24.409	21.134	0	2 799	2 799	0	7 356	7 356	0	1 558	1 558
EDELNOR	Lima Norte	BARSI	K11	1.661	1.522	3.183	0	2	2	0	300	300			0.420		0.420	0.000	1	9	10	3 885	108	3 993	642	23	665
EDELNOR	Lima Norte	BARSI	K12	1.955	5.865	7.820	20	7	27	1 145	1 745	2 890	5.965	6.402	17.913	16.302	23.878	22.704	4	2 622	2 626	4 697	6 770	11 467	776	1 434	2 210
EDELNOR	Lima Norte	BARSI	K13	0.006	3.981	3.987	1	3	4	100	740	840	0.147	1.143	7.180	5.873	7.327	7.016	2	965	967	1 268	2 564	3 832	210	543	753
EDELNOR	Lima Norte	BARSI	K14	2.544	5.226	7.770	5	9	14	985	3 835	4 820	1.396	3.189	11.553	10.108	12.949	13.297	12	1 111	1 123	15 927	6 986	22 913	2 631	1 480	4 111
EDELNOR	Lima Norte	BARSI	K15	2.579	5.915	8.494	21	2	23	3 410	510	3 920	14.827	14.310	10.601	5.996	25.428	20.306	0	3 870	3 870	0	10 690	10 690	0	2 264	2 264
EDELNOR	Lima Norte	BARSI	K16	0.026	3.775	3.801	1	4	5	250	885	1 135	0.252	0.171	2.821	1.723	3.073	1.894	10	104	114	12 990	1 375	14 365	2 146	291	2 437
EDELNOR	Lima Norte	BARSI	K19		1.213	1.213	0	1	1	0	160	160		0.919	0.256	0.047	0.256	0.966	1	29	30	75	183	258	12	39	51
EDELNOR	Lima Norte	BARSI	K20		1.050	1.050	0	1	1	0	220	220	0.205	0.553	0.677	0.960	0.882	1.513	3	59	62	3 509	178	3 686	580	38	617
EDELNOR	Lima Norte	BARSI	K21	0.089	3.767	3.856	0	3	3	0	1 640	1 640		3.346	15.087	14.326	15.087	17.672	0	1 805	1 805	0	5 852	5 852	0	1 239	1 239
EDELNOR	Lima Norte	BARSI	K23	1.817	3.357	5.174	0	1	1	0	200	200	0.032		1.378	2.416	1.410	2.416	2	11	13	1 658	515	2 173	274	109	383
EDELNOR	Lima Norte	BARSI	K24	0.007	3.744	3.751	2	3	5	350	775	1 125	1.560	2.636	3.035	0.901	4.595	3.537	5	409	414	4 936	1 869	6 805	815	396	1 211
EDELNOR	Lima Norte	CANTO GRANDE	CG02	6.850	4.479	11.329	28	1	29	3 310	160	3 470	17.620	18.036	21.236	18.362	38.856	36.398	3	4 750	4 753	1 459	7 220	8 679	241	1 529	1 770
EDELNOR	Lima Norte	CANTO GRANDE	CG03	11.721	7.379	19.100	45	18	63	5 395	3 390	8 785	26.125	26.684	60.142	45.416	86.267	72.100	3	8 699	8 702	5 870	20 647	26 517	970	4 373	5 343
EDELNOR	Lima Norte	CANTO GRANDE	CG04	13.861	7.991	21.852	58	4	62	6 160	905	7 065	49.311	55.786	38.572	27.980	87.883	83.766	1	10 428	10 429	2 246	17 178	19 424	371	3 639	4 010
EDELNOR	Lima Norte	CANTO GRANDE	CG05	9.336	6.684	16.020	58	6	64	7 845	1 410	9 255	18.326	19.494	36.732	27.528	55.058	47.022	14	4 617	4 631	18 233	18 747	36 979	3 012	3 971	6 983
EDELNOR	Lima Norte	CANTO GRANDE	CG06	14.580	6.531	21.111	49	5	54	6 325	1 060	7 385	21.787	22.527	50.562	37.905	72.349	60.432	6	6 549	6 555	2 189	15 083	17 272	362	3 195	3 557
EDELNOR	Lima Norte	CANTO GRANDE	CG08	5.588	8.072	13.660	7	20	27	1 360	4 175	5 535	0.827	4.155	51.448	41.007	52.275	45.162	1	4 945	4 946	602	16 272	16 874	99	3 447	3 546
EDELNOR	Lima Norte	CANTO GRANDE	CG09	13.471	7.587	21.058	46	6	52	6 395	1 045	7 440	15.881	15.132	60.792	46.290	76.673	61.422	3	7 070	7 073	1 661	17 019	18 679	274	3 605	3 879
EDELNOR	Lima Norte	CANTO GRANDE	CG10	9.081	8.943	18.024	63	3	66	6 789	775	7 564	55.630	59.905	32.857	24.415	88.487	84.320	0	10 789	10 789	0	17 340	17 340	0	3 673	3 673
EDELNOR	Lima Norte	CANTO GRANDE	CG11	8.129	12.611	20.740	52	27	79	3 280	3 995	7 275	17.227	18.286	62.681	47.701	79.908	65.987	1	8 220	8 221	12	17 288	17 300	2	3 662	3 664
EDELNOR	Lima Norte	CANTO GRANDE	CG12	4.930	10.043	14.973	8	19	27	1 320	3 500	4 820	1.714	3.025	45.347	31.091	47.061	34.116	3	4 509	4 512	4 764	14 879	19 643	787	3 151	3 939
EDELNOR	Lima Norte	CAUDIVILLA	CV01	6.341	19.829	26.170	22	48	70	1 340	4 490	5 830	8.410	12.047	75.857	57.582	84.267	69.629	2	6 970	6 972	1 610	14 917	16 528	266	3 160	3 426
EDELNOR	Lima Norte	CAUDIVILLA	CV02	8.823	6.739	15.562	15	17	32	1 251	2 045	3 296	5.591	7.814	36.986	27.070	42.577	34.884	4	3 855	3 859	2 381	9 547	11 928	393	2 022	2 416
EDELNOR	Lima Norte	CAUDIVILLA	CV03	13.723	7.453	21.176	55	10	65	6 190	2 995	9 185	45.807	49.639	63.935	54.062	109.742	103.701	3	9 118	9 121	906	17 225	18 131	150	3 649	3 798
EDELNOR	Lima Norte	CAUDIVILLA	CV04	11.631	11.195	22.826	34	33	67	2 065	3 350	5 415	24.129	25.068	68.208	48.136	92.337	73.204	1	7 618	7 619	264	12 095	12 358	44	2 562	2 605
EDELNOR	Lima Norte	CAUDIVILLA	CV05	15.915	11.123	27.038	62	22	84	4 460	2 385	6 845	38.578	45.451	77.647	54.197	116.225	99.648	1	9 706	9 707	2 117	15 132	17 249	350	3 205	3 555
EDELNOR	Lima Norte	CAUDIVILLA	CV06	17.069	4.406	21.475	61	7	68	6 101	975	7 076	26.438	34.674	50.809	38.129	77.247	72.803	4	6 473	6 477	3 606	15 341	18 947	596	3 249	3 845
EDELNOR	Lima Norte	CAUDIVILLA	CV07	9.424	8.529	17.953	31	19	50	2 695	1 865	4 560	24.811	26.913	52.219	38.007	77.030	64.920	0	6 171	6 171	0	10 910	10 910	0	2 311	2 311
EDELNOR	Lima Norte	CAUDIVILLA	CV08	15.411	4.292	19.703	43	6	49	3 715	400	4 115	39.861	40.559	15.206	12.898	55.067	53.457	0	3 916	3 916	3	5 523	5 526	0	1 170	1 170
EDELNOR	Lima Norte	CAUDIVILLA	CV09	9.998	11.114	21.112	26	19	45	2 590	4 010	6 600	10.509	14.559	67.821	53.521	78.330	68.090	6	7 279	7 285	3 343	17 351	20 693	552	3 675	4 227
EDELNOR	Lima Norte	CHAVARRIA	CH01	4.669	7.075	11.744	7	10	17	1 120	1 690	2 810	0.168	3.802	27.427	22.295	27.595	26.097	0	2 977	2 977	0	9 240	9 240	0	1 957	1 957
EDELNOR	Lima Norte	CHAVARRIA	CH02		3.082	3.082	0	5	5	0	2 980	2 980		5.080		5.080	0.000	9	84	93	12 982	3 791	16 774	2 145	803	2 948	
EDELNOR	Lima Norte	CHAVARRIA	CH03		0.795	0.795	0	1	1	0	50	50	0.315		0.323		0.638	0.000	0	1	1	0	3	3	0	1	1
EDELNOR	Lima Norte	CHAVARRIA	CH04	1.693	0.675	2.368	0	0	0	0	0	0			0.000	0.000	0.000	0.000	0	1	1	0	7	7	0	1	1
EDELNOR	Lima Norte	CHAVARRIA	CH05	12.450	5.410	17.860	61	4	65	6 260	1 670	7 930	42.388	43.978	33.422	27.039	75.810	71.017	0	6 898	6 898	0	17 953	17 953	0	3 803	3 803
EDELNOR	Lima Norte	CHAVARRIA	CH07		6.089	6.089	0	1	1	0	275	275	0.176		0.423		0.599	0.000	4	1	5	5 388	0	5 388	890	0	890
EDELNOR	Lima Norte	CHAVARRIA	CH08		2.000	2.000	0	2	2	0	100	100			0.000	0.000	0.000	0.000	5	0	5	9 159	0	9 159	1 513	0	1 513
EDELNOR	Lima Norte																										

Nombre Empresa	Nombre Sistema	Centro de Transformación	Alimentador	Red Media Tensión (km)			Subestaciones de Distribución (unidad)			Subestaciones de Distribución (kVA)			Baja Tensión Aérea		Baja Tensión Subterránea		Baja Tensión (Aérea + Subterránea)		Clientes al 31/12/2007			Energía Año 2007 (MW.h)			Demanda Año 2007 (kW)			
				Red Aérea	Red Subterránea	Total	Aéreas	Subterráneas	Total	Aéreas	Subterráneas	Total	Red Servicio Particular (km)	Red Alumbrado Público (km)	Red Servicio Particular (km)	Red Alumbrado Público (km)	Red Servicio Particular (km)	Red Alumbrado Público (km)	Media Tensión	Baja Tensión	Total	Media Tensión	Baja Tensión	Total	Media Tensión	Baja Tensión	Total	
EDELNOR	Lima Norte	INFANTAS	I13	3.068	11.972	15.040	10	27	37	1 520	3 840	5 360	7.518	8.979	53.509	41.115	61.027	50.094	1	6 127	6 128	1 300	15 436	16 737	215	3 270	3 484	
EDELNOR	Lima Norte	INFANTAS	I14	3.589	7.335	10.924	8	20	28	1 145	3 055	4 200	2.737	5.323	43.591	25.772	46.328	31.095	2	4 443	4 445	1 801	10 343	12 144	297	2 191	2 488	
EDELNOR	Lima Norte	INFANTAS	I15	7.359	7.977	15.336	14	20	34	1 310	2 820	4 130	5.823	7.363	65.889	43.777	71.712	51.140		5 208	5 208		10 568	10 568		2 238	2 238	
EDELNOR	Lima Norte	INFANTAS	I16	3.272	4.385	7.657	5	8	13	770	2 020	2 790	0.432	3.123	28.547	21.854	28.979	24.977		2 455	2 455		8 928	8 928		1 891	1 891	
EDELNOR	Lima Norte	INFANTAS	I17	16.838	13.060	29.898	65	11	76	8 030	2 085	10 115	26.112	32.852	83.913	65.421	110.025	98.273	3	7 901	7 904	3 406	15 878	19 285	563	3 363	3 926	
EDELNOR	Lima Norte	INFANTAS	I18	20.913	5.311	26.224	77	6	83	7 025	1 045	8 070	46.206	46.598	69.245	53.720	115.451	100.318	6	10 062	10 068	7 309	18 893	26 202	1 208	4 002	5 209	
EDELNOR	Lima Norte	INFANTAS	I19	2.435	10.803	13.238	9	26	35	1 330	4 830	6 160	7.457	8.933	48.789	39.113	56.246	48.046	1	6 053	6 054	460	19 415	19 875	76	4 112	4 188	
EDELNOR	Lima Norte	JICAMARCA	J03	15.934	0.273	16.207	34		34	4 030		4 030	7.671	16.352	0.371	0.111	8.042	16.463	5	418	423	625	1 958	2 582	103	415	518	
EDELNOR	Lima Norte	JICAMARCA	J05	11.635	5.065	16.700	54	1	55	5 505	10	5 515	20.556	23.755	67.600	51.049	88.156	74.804		8 743	8 743		11 281	11 281		2 390	2 390	
EDELNOR	Lima Norte	JICAMARCA	J06	18.335	6.365	24.700	77	1	78	8 740	10	8 750	50.559	49.783	77.677	56.071	128.236	105.854	1	14 022	14 023	416	16 087	16 504	69	3 408	3 476	
EDELNOR	Lima Norte	JICAMARCA	J07	14.901	6.948	21.849	83	2	85	7 049	410	7 459	24.904	27.636	78.490	58.794	103.394	86.430	3	11 459	11 462	2 582	18 724	21 306	427	3 966	4 393	
EDELNOR	Lima Norte	MARANGA	MA01		5.613	5.613		7	7			3 175	3 175	0.663	3.608	14.885	13.810	15.548	2	1 910	1 912	11 817	6 066	17 883	1 952	1 285	3 237	
EDELNOR	Lima Norte	MARANGA	MA03	0.471	11.012	11.483	10	13	23	2 225	3 955	6 180	1.998	3.134	50.944	33.048	52.942	36.182	1	5 781	5 782	530	19 953	20 482	88	4 226	4 314	
EDELNOR	Lima Norte	MARANGA	MA04		4.302	4.302		2	2			525	525	0.101	1.451	2.365	3.332	2.466	4	140	144	6 231	911	7 143	1 030	193	1 223	
EDELNOR	Lima Norte	MARANGA	MA05	2.147	1.771	3.918	4	3	7	850	2 160	3 010	0.262	0.150	4.580	3.753	4.842	3.903	5	432	437	6 673	4 976	11 649	1 103	1 054	2 156	
EDELNOR	Lima Norte	MARANGA	MA06	1.625	5.679	7.304	9	12	21	2 540	4 190	6 730	0.466	2.046	21.396	14.137	21.862	16.183	3	2 481	2 484	2 703	9 885	12 589	447	2 094	2 540	
EDELNOR	Lima Norte	MARANGA	MA08	2.852	7.418	10.270	7	10	17	1 570	4 460	6 030	2.210	2.490	36.311	24.745	38.521	27.235	1	4 699	4 700	551	15 611	16 161	91	3 307	3 398	
EDELNOR	Lima Norte	MARANGA	MA09	0.370	4.683	5.053	6	3	9	1 350	1 790	3 140	1.613	2.930	13.523	6.598	15.136	9.528	4	1 659	1 663	2 702	8 378	11 080	446	1 775	2 221	
EDELNOR	Lima Norte	MARANGA	MA10	2.641	6.860	9.501	2	16	18	350	4 415	4 765	0.771	0.825	39.306	31.524	40.077	32.349	1	4 806	4 807	1 957	15 069	17 026	323	3 192	3 515	
EDELNOR	Lima Norte	MARANGA	MA11	0.687	3.989	4.676	3	5	8	660	2 160	2 820	0.351	1.051	23.600	22.499	24.001	23.550		2 626	2 626		8 945	8 945		1 895	1 895	
EDELNOR	Lima Norte	MARANGA	MA12	1.141	5.953	7.094	6	6	12	1 030	3 540	4 570	0.084	1.185	42.777	31.298	42.861	32.483	3	4 247	4 250	3 096	15 273	18 369	511	3 235	3 746	
EDELNOR	Lima Norte	MARANGA	MA13		3.857	3.857	1	1	1	160	160				0.414		0.414		7	52	59	9 590	363	9 953	1 584	77	1 661	
EDELNOR	Lima Norte	MARANGA	MA16	0.255	2.510	2.765	3	3	3	1 950	1 950		0.043	0.218	14.628	14.245	14.671	14.463	2	1 202	1 204	4 099	5 268	9 367	677	1 116	1 793	
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M01	0.128	4.646	4.774	4	5	9	800	1 600	2 400	0.012	0.315	8.769	5.513	8.781	5.828	6	635	641	8 750	5 361	14 111	1 446	1 136	2 581	
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M02	0.822	9.009	9.831	14	15	29	3 110	6 160	9 270	3.765	1.655	27.734	17.255	31.499	18.910	5	6 847	6 852	2 499	17 591	20 090	413	3 726	4 139	
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M03	0.477	1.779	2.256	4	2	6	850	750	1 600	0.135	0.175	4.892	2.024	5.027	2.199	6	323	329	9 975	3 437	13 412	1 648	728	2 376	
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M04	0.685	3.096	3.781	4	5	9	1 000	1 320	2 320	1.156	3.028	5.846	2.261	7.002	5.289	7	510	517	7 973	5 137	13 111	1 317	1 088	2 406	
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M05	0.730	7.452	8.182	3	7	10	960	3 240	4 200	6.004	4.450	14.829	10.487	20.833	14.937	5	3 267	3 272	4 321	9 444	13 765	714	2 000	2 714	
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M06	0.494	5.657	6.151	13	13	26	2 970	2 970		1.739	1.548	10.944	9.661	12.683	11.209	12	1 570	1 582	8 509	5 348	13 857	1 406	1 133	2 539	
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M07	1.495	3.250	4.745	1	4	5	400	2 010	2 410		0.141	2.634	0.417	2.634	0.558	8	51	59	10 880	3 789	14 669	1 797	803	2 600	
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M08	0.027	1.064	1.091	2	2	2	550	550			0.794	2.055	2.063	2.055	2.857	3	13	16	3 243	447	3 690	536	95	631	
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M09	0.809	4.797	5.606	8	6	14	1 730	3 340	5 070	0.272	0.851	20.025	14.498	20.297	15.349	5	1 559	1 564	10 775	8 308	19 083	1 780	1 760	3 540	
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M11	0.516	8.389	8.905	7	6	13	1 720	2 625	4 345	0.464	1.312	21.566	10.105	22.030	11.417	2	2 511	2 513	2 525	10 241	12 765	417	2 169	2 586	
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M12	2.768	9.617	12.385	25	13	38	2 910	2 520	5 430	11.613	11.211	33.057	23.039	44.670	34.250	5	5 488	5 493	7 523	15 411	22 934	1 243	3 264	4 507	
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M13	0.346	2.458	2.804	1	2	3	250	1 180	1 430	1.238	0.380	7.683	6.132	8.921	6.512		1 155	1 155		3 744	3 744		793	793	
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M14	0.724	6.199	6.923	7	6	13	1 330	2 510	3 840	1.906	5.078	27.011	14.514	28.917	19.592	4	3 687	3 691	3 943	9 958	13 901	652	2 109	2 761	
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M15	0.402	6.613	7.015	13	8	21	1 590	1 940	3 530	1.911	1.784	23.447	6.037	25.358	7.821		3 536	3 536		9 779	9 779		2 071	2 071	
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M16	1.575	0.992	2.567	1	2	3	400	1 260	1 660	0.060	0.728	3.138	1.561	3.198	2.289	3	45	48	8 488	3 249	11 737	1 402	688	2 090	
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M17		3.183	3.183		2	2			945	945	0.038	0.171	2.267	0.305	2.305	0.476	3	223	226	1 563	768	2 330	258	163	421
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M18		1.792	1.792													2	4	6	2 347	264	2 611	388	56	444	
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M19	0.218	4.101	4.319	2	5	7	350	2 240	2 590	0.156	0.521	10.740	7.974	10.896	8.495	8	1 164	1 172	8 243	7 497	15 740	1 362	1 588	2 950	
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M20		2.612	2.612		2	2		150	150		0.520	0.164	0.332	0.164	0.852	2	5	7	2 352	33	2 385	389	7	396	
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M21		5.637	5.637		2	7		320	2 800	3 120	0.316	2.222	25.921	20.404	26.237	22.626		3 354	3 354		9 555	9 555		2 024	2 024
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M22		1.862	1.862		1	1		350	350	0.387	1.013	1.610	0.061	1.997	1.074	1	87	88	5 416	833	6 249	895	176	1 071	
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M23	0.037	4.366	4.423	1	6	7	160	2 650	2 810	0.952	1.952	9.156	4.915	10.108	6.867	4	1 493	1 497	2 585	4 167	6 752	427	883	1 310	
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M24	1.063	0.764	1.827	1	1	1	630	630		0.406	3.556	7.430	3.556	7.836			463	463		1 086	1 086		230	230	
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M25	0.113	5.091	5.204	5	3	8	1 780	1 560	3 340	1.170	3.450	8.313	7.839	9.483	11.289		1 227	1 227		5 283	5 283		1 119	1 119	
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M26	2.374	10.340	12.714	17	13	30	2 865	4																	

Nombre Empresa	Nombre Sistema	Centro de Transformación	Alimentador	Red Media Tensión (km)			Subestaciones de Distribución (unidad)			Subestaciones de Distribución (kVA)			Baja Tensión Aérea		Baja Tensión Subterránea		Baja Tensión (Aérea + Subterránea)		Clientes al 31/12/2007			Energía Año 2007 (MW.h)			Demanda Año 2007 (kW)		
				Red Aérea	Red Subterránea	Total	Aéreas	Subterráneas	Total	Aéreas	Subterráneas	Total	Red Servicio Particular (km)	Red Alumbrado Público (km)	Red Servicio Particular (km)	Red Alumbrado Público (km)	Red Servicio Particular (km)	Red Alumbrado Público (km)	Media Tensión	Baja Tensión	Total	Media Tensión	Baja Tensión	Total	Media Tensión	Baja Tensión	Total
EDELNOR	Lima Norte	PANDO	PA13	1.192	4.816	6.008	9	8	17	2 130	2 390	4 520	1.801	0.720	15.214	7.589	17.015	8.309	6	2 525	2 531	12 024	8 754	20 779	1 987	1 854	3 841
EDELNOR	Lima Norte	PANDO	PA14	0.541	2.625	3.166	1	7	8	250	2 520	2 770	0.258	1.155	6.555	3.456	6.813	4.611	5	309	314	8 833	3 397	12 231	1 459	720	2 179
EDELNOR	Lima Norte	PANDO	PA15		4.560	4.560													4	819	823	1 329	5 089	6 419	220	1 078	1 298
EDELNOR	Lima Norte	PERSHING	Q02	0.056	6.003	6.059	7	6	13	2 350	2 565	4 915	1.094	2.057	16.427	7.770	17.521	9.827	4	3 607	3 611	4 898	13 020	17 917	809	2 758	3 567
EDELNOR	Lima Norte	PERSHING	Q03	0.500	4.226	4.726	6	9	15	1 530	4 880	6 410	7.194	7.334	23.087	13.183	30.281	20.517	3	5 859	5 862	2 493	17 980	20 473	412	3 808	4 220
EDELNOR	Lima Norte	PERSHING	Q04	0.851	5.339	6.190	5	14	19	1 100	5 990	7 090	3.830	3.195	23.856	8.274	27.686	11.469	4	2 475	2 479	3 475	18 175	21 649	574	3 850	4 424
EDELNOR	Lima Norte	PERSHING	Q06	1.051	8.162	9.213	10	13	23	2 850	5 510	8 360	8.195	8.543	29.998	13.584	38.193	22.127		7 011	7 011		21 149	21 149		4 480	4 480
EDELNOR	Lima Norte	PERSHING	Q07	0.007	4.015	4.022	4	5	9	760	3 010	3 770	4.847	5.468	20.419	12.894	25.266	18.362		3 231	3 231		11 119	11 119		2 355	2 355
EDELNOR	Lima Norte	PERSHING	Q08	1.569	7.383	8.952	5	16	21	1 230	5 595	6 825	3.686	7.759	26.327	19.409	30.013	27.168	2	2 794	2 796	1 283	16 897	18 180	212	3 579	3 791
EDELNOR	Lima Norte	PERSHING	Q11	0.013	4.776	4.789	3	3	6	600	1 660	2 260	0.808	1.576	13.135	5.283	13.943	6.859	4	1 908	1 912	7 034	7 087	14 120	1 162	1 501	2 663
EDELNOR	Lima Norte	PERSHING	Q12		7.273	7.273	1	18	19	100	7 670	7 770	1.279	3.618	21.742	18.178	23.021	21.796	2	2 865	2 867	910	17 140	18 050	150	3 630	3 781
EDELNOR	Lima Norte	PERSHING	Q13	0.687	6.334	7.021	9	7	16	1 980	2 720	4 700	5.612	8.490	20.456	9.265	26.068	17.755	1	4 631	4 632	224	14 525	14 749	37	3 077	3 114
EDELNOR	Lima Norte	PERSHING	Q14	1.295	10.180	11.475	7	17	24	1 550	5 720	7 270	4.745	4.889	37.559	20.566	42.304	25.455	1	7 074	7 075	4	19 562	19 566	1	4 144	4 144
EDELNOR	Lima Norte	PERSHING	Q15	0.172	6.307	6.479	10	13	23	2 470	6 160	8 630	1.413	2.240	21.713	13.872	23.126	16.112	3	3 153	3 156	3 226	15 456	18 682	533	3 274	3 807
EDELNOR	Lima Norte	PERSHING	Q16	1.083	5.387	6.470	8	5	13	2 800	2 620	5 420	5.138	8.384	20.636	8.084	25.774	16.468	2	3 271	3 273	1 487	12 248	13 735	246	2 594	2 840
EDELNOR	Lima Norte	PERSHING	Q17	1.914	6.352	8.266	5	7	12	1 310	3 415	4 725	3.162	5.154	29.170	15.408	32.332	20.562	1	3 487	3 488	9	10 231	10 240	1	2 167	2 169
EDELNOR	Lima Norte	PERSHING	Q18	0.066	5.071	5.137	5	4	9	1 320	1 770	3 090	1.561	1.660	16.770	8.761	18.331	10.421	6	3 818	3 824	7 664	13 939	21 603	1 266	2 952	4 219
EDELNOR	Lima Norte	PERSHING	Q20	0.626	7.324	7.950	4	8	12	1 300	3 000	4 300	0.341	1.813	25.856	17.700	26.197	19.513		174	174		525	525		111	111
EDELNOR	Lima Norte	PUENTE PIEDRA	PP02	26.197	6.228	32.425	76	3	79	5 687	480	6 167	57.073	56.320	8.846	8.386	65.919	64.706	7	5 046	5 053	4 414	6 679	11 093	729	1 415	2 144
EDELNOR	Lima Norte	PUENTE PIEDRA	PP04	31.334	4.722	36.056	129	4	133	8 765	580	9 345	80.904	78.479	22.769	16.235	103.673	94.714	8	7 665	7 673	5 298	17 414	22 712	875	3 689	4 564
EDELNOR	Lima Norte	PUENTE PIEDRA	PP05	6.152	4.508	10.660	15	9	24	1 780	1 215	2 995	5.220	7.960	14.102	8.854	19.322	16.814	20	881	901	14 671	4 135	18 806	2 424	876	3 300
EDELNOR	Lima Norte	PUENTE PIEDRA	PP06	12.899	8.357	21.256	88	5	93	4 195	1 290	5 485	57.742	56.873	21.001	14.030	78.743	70.903	1	6 879	6 880	4 875	12 079	16 955	805	2 559	3 364
EDELNOR	Lima Norte	PUENTE PIEDRA	PP10	10.157	3.086	13.243	27	3	30	1 740	310	2 050	11.123	9.836	6.188	4.275	17.311	14.111	8	837	845	581	2 650	3 230	96	561	657
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P01	3.414	6.227	9.641	15	4	19	2 730	2 050	4 780	3.333	3.676	18.441	12.392	21.774	16.068	8	2 126	2 134	16 204	10 079	26 282	2 677	2 135	4 812
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P06	2.132	5.466	7.598	3	2	5	570	800	1 370	0.603	1.306	3.015	1.422	3.618	2.728	12	220	232	23 270	2 621	25 891	3 845	555	4 400
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P07	3.659	4.796	8.455	10	4	14	1 240	1 150	2 390	1.523	2.875	15.414	8.024	16.937	10.899	6	1 581	1 587	6 448	6 403	12 851	1 065	1 356	2 422
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P13	3.555	9.323	12.878	24	11	35	3 065	2 655	5 720	5.449	11.529	55.522	43.033	60.971	54.562	3	6 420	6 423	1 315	16 109	17 424	217	3 412	3 629
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P14	0.862	5.059	5.921	2	6	8	320	3 410	3 730	2.866	4.407	22.990	11.158	25.856	15.565	1	5 027	5 028	2 114	9 614	11 727	349	2 036	2 386
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P15		3.514	3.514	4	4	4	1 700	1 700	0.296	2.559	9.869	6.766	10.165	9.325	3	1 488	1 491	3 649	3 134	6 783	603	664	1 267	
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P16	0.410	5.525	5.935	1	4	5	400	685	1 085	0.269	0.482	1.017	1.286	0.482	6	33	39	29 385	3 551	32 936	4 853	752	5 607	
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P18	2.491	3.037	5.528	4	4	8	520	1 050	1 570	1.930	2.505	8.848	7.770	10.778	10.275	3	1 145	1 148	1 959	3 716	5 675	324	787	1 111
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P19		3.665	3.665	3	3	3	1 610	1 610	1.862	2.482	10.765	3.519	12.627	6.001		1 717	1 717		3 521	3 521		746	746	
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P21	11.286	8.373	19.659	39	8	47	6 645	1 755	8 400	26.235	30.240	37.967	27.016	64.202	57.256	5	7 558	7 563	3 514	18 999	22 514	581	4 024	4 605
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P22	1.138	1.951	3.089	2	2	2	570	570	0.155	1.413	4.573	4.627	6.040	6.040	4	489	493	11 913	1 998	13 910	1 968	423	2 391	
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P23	4.314	9.211	13.525	39	7	46	6 250	2 230	8 480	9.984	9.511	22.403	13.359	32.387	22.870	16	3 630	3 646	11 784	18 729	30 513	1 947	3 967	5 914
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P24	1.030	7.990	9.020	13	17	30	1 775	3 770	5 545	7.411	9.516	40.141	25.314	47.552	34.830	3	6 648	6 651	4 614	15 054	19 667	762	3 189	3 951
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P25	0.843	2.294	3.137	4	1	5	730	160	890	3.636	3.039	3.617	2.800	7.253	5.839	2	667	669	676	1 785	2 461	112	378	490
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P26	0.078	4.290	4.368	1	1	2	250	1 260	1 510	0.128	0.197	7.327	6.636	7.455	6.833		771	771		3 432	3 432		727	727
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P27		6.743	6.743	4	17	21	410	10 890	11 300	3.622	5.471	25.524	12.301	29.146	17.772	2	5 563	5 565	839	18 522	19 361	139	3 923	4 062
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P28	4.293	5.821	10.114	20	5	25	3 280	1 590	4 870	11.222	11.666	40.104	26.748	51.326	38.414		6 319	6 319		13 733	13 733		2 909	2 909
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P29		3.057	3.057	5	5	5	3 980	3 980	0.032	0.719	9.770	2.542	9.802	3.261	1	1 824	1 825	533	8 547	9 080	88	1 810	1 898	
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P31	3.580	9.587	13.167	21	11	32	3 205	3 570	6 775	9.364	12.004	39.586	29.459	48.950	41.463	6	4 709	4 715	3 959	18 470	22 429	654	3 912	4 566
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P32	0.716	9.462	10.178	4	12	16	470	2 705	3 175	4.035	3.499	23.676	17.364	27.711	20.863	3	2 603	2 606	7 754	8 130	15 884	1 281	1 722	3 003
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P33	5.861	10.908	16.769	14	18	32	2 090	3 445	5 535	5.309	6.839	47.676	36.566	52.985	43.405	5	5 702	5 702	17 184	17 184		3 640	3 640	
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P34	13.105	8.863	21.968	48	12	60	7 150	1 820	8 970	18.333	22.683	53.588	40.063	71.921	62.746	14	5 146	5 160	15 202	16 707	31 909	2 512	3 539	6 050
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	SR40		0.092	0.092	1		1	10		10								2	2		245	245		52	52
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	SR51		0.056	0.056	1		1	10		10								3	3		508	508		108	108
EDELNOR	Lima Norte	SANTA MARINA																									

Nombre Empresa	Nombre Sistema	Centro de Transformación	Alimentador	Red Media Tensión (km)			Subestaciones de Distribución (unidad)			Subestaciones de Distribución (kVA)			Baja Tensión Aérea		Baja Tensión Subterránea		Baja Tensión (Aérea + Subterránea)		Clientes al 31/12/2007			Energía Año 2007 (MW.h)			Demanda Año 2007 (kW)				
				Red Aérea	Red Subterránea	Total	Aéreas	Subterráneas	Total	Aéreas	Subterráneas	Total	Red Servicio Particular (km)	Red Alumbrado Público (km)	Red Servicio Particular (km)	Red Alumbrado Público (km)	Red Servicio Particular (km)	Red Alumbrado Público (km)	Media Tensión	Baja Tensión	Total	Media Tensión	Baja Tensión	Total	Media Tensión	Baja Tensión	Total		
EDELNOR	Lima Norte	TACNA	T14		1.805	1.805			5	5		4 140	4 140		0.046	8.783	2.653	8.783	2.699	3	1 139	1 142	1 634	8 860	10 494	270	1 877	2 147	
EDELNOR	Lima Norte	TACNA	T15		3.068	3.068	1		4	5	160	1 900	2 060	0.585	1.302	9.211	6.421	9.796	7.723		1 567	1 567		5 023	5 023		1 064	1 064	
EDELNOR	Lima Norte	TACNA	T16		2.268	2.268			4	4		3 410	3 410			4.301	2.331	4.301	2.331	9	703	712	11 543	3 580	15 123	1 907	758	2 665	
EDELNOR	Lima Norte	TACNA	T17		3.671	3.671	1		8	9	275	7 360	7 635		0.214	13.901	3.844	13.901	4.058	2	2 712	2 714	2 985	13 226	16 212	493	2 801	3 295	
EDELNOR	Lima Norte	TACNA	T18		1.504	1.504			3	3		4 620	4 620			5.199	1.580	5.199	1.580	5	896	901	4 582	7 920	12 501	757	1 677	2 434	
EDELNOR	Lima Norte	TACNA	T19		2.109	2.109			4	4		3 990	3 990			7.559	3.002	7.559	3.002	2	828	830	3 008	5 906	8 914	497	1 251	1 748	
EDELNOR	Lima Norte	TACNA	T21	1.908	7.120	9.028	17		8	25	2 210	2 480	4 690	10.144		11.171	22.396	14.003	32.540	25.174	2	4 415	4 417	711	12 396	13 107	117	2 626	2 743
EDELNOR	Lima Norte	TACNA	T22	1.593	13.201	14.794	13		20	33	2 720	5 855	8 575	7.667	15.512	52.991	32.036	60.658	47.548	4	9 869	9 873	2 694	23 381	26 075	445	4 952	5 397	
EDELNOR	Lima Norte	TACNA	T23	3.117	3.600	6.717	32		2	34	3 940	500	4 440	14.000	14.052	4.506	2.678	18.506	16.730		4 145	4 145		9 084	9 084		1 924	1 924	
EDELNOR	Lima Norte	TACNA	T24	0.369	4.346	4.715	2		4	6	500	2 060	2 560	0.236	4.317	19.705	8.860	19.941	13.177		4 057	4 057		9 315	9 315		1 973	1 973	
EDELNOR	Lima Norte	TACNA	T25	6.140	8.396	14.536	28		16	44	3 105	3 625	6 730	19.572	23.248	63.051	45.751	82.623	68.999	1	9 761	9 762	444	18 673	19 117	73	3 955	4 029	
EDELNOR	Lima Norte	TACNA	T27		3.636	3.636			4	4		2 015	2 015	0.209	0.576	6.301	2.267	6.510	2.843	4	1 228	1 232	7 195	5 743	12 938	1 189	1 217	2 405	
EDELNOR	Lima Norte	TOMAS VALLE	TV01	3.131	7.175	10.306	12		10	22	2 790	2 890	5 680	1.425	2.127	44.920	38.765	46.345	40.892		5 512	5 512		15 895	15 895		3 367	3 367	
EDELNOR	Lima Norte	TOMAS VALLE	TV02	4.146	3.720	7.866	20		6	26	4 600	1 630	6 230	6.845	6.160	24.645	18.793	31.490	24.953	2	3 394	3 396	1 304	11 715	13 019	216	2 481	2 697	
EDELNOR	Lima Norte	TOMAS VALLE	TV03	2.520	6.901	9.421	13		10	23	2 350	3 025	5 375	0.584	1.049	54.297	32.804	54.881	33.853		6 409	6 409		17 481	17 481		3 703	3 703	
EDELNOR	Lima Norte	TOMAS VALLE	TV04	1.678	2.164	3.842	2		1	3	410	100	510	0.341	0.234	1.202	1.136	1.543	1.370	5	38	43	9 181	1 186	10 366	1 517	251	1 768	
EDELNOR	Lima Norte	TOMAS VALLE	TV05	1.976	4.379	6.355	2		14	16	500	3 075	3 575	0.481	0.082	11.548	14.988	12.029	15.070	8	2 481	2 489	14 230	6 873	21 103	2 351	1 456	3 807	
EDELNOR	Lima Norte	TOMAS VALLE	TV07	1.910	0.260	2.170			1	1		200	200		0.485	0.511	1.247	0.511	1.732	3	7	10	13 834	384	14 218	2 286	81	2 367	
EDELNOR	Lima Norte	TOMAS VALLE	TV08	1.202	2.949	4.151			3	3		810	810	0.093	0.074	1.533	3.377	1.626	3.451	5	12	17	6 506	1 266	7 772	1 075	268	1 343	
EDELNOR	Lima Norte	TOMAS VALLE	TV09	8.372	3.952	12.324	26		3	29	2 835	1 200	4 035	22.862	25.405	13.353	10.785	36.215	36.190	8	3 472	3 480	10 500	9 161	19 660	1 735	1 940	3 675	
EDELNOR	Lima Norte	TOMAS VALLE	TV10	2.213	2.111	4.324	5		1	6	1 100	160	1 260	0.073		1.354		1.427		9	18	27	13 605	2 669	16 274	2 248	565	2 813	
EDELNOR	Lima Norte	TOMAS VALLE	TV13	1.643	5.114	6.757	7		11	18	785	2 300	3 085	1.981	6.202	32.478	25.406	34.459	31.608	2	3 519	3 521	523	11 227	11 750	86	2 378	2 464	
EDELNOR	Lima Norte	TOMAS VALLE	TV14	9.078	7.550	16.628	39		18	57	3 515	3 940	7 455	23.686	21.791	36.206	32.720	59.892	54.511		7 090	7 090		15 264	15 264		3 233	3 233	
EDELNOR	Lima Norte	TOMAS VALLE	TV15	4.161	6.786	10.947	17		9	26	3 155	3 250	6 405	1.851	3.216	59.838	42.745	61.689	45.961	1	6 469	6 470	789	18 580	19 369	130	3 936	4 066	
EDELNOR	Lima Norte	TOMAS VALLE	TV16	3.841	6.044	9.885	18		14	32	2 730	2 840	5 570	7.165	8.772	48.721	42.342	55.886	51.114	3	6 019	6 022	756	15 541	16 297	125	3 292	3 417	
EDELNOR	Lima Norte	TOMAS VALLE	TV17	6.080	10.342	16.422	28		19	47	4 580	6 610	11 190	2.006	9.744	78.889	55.386	78.895	65.130	1	8 826	8 827	7	25 733	25 739	1	5 451	5 452	
EDELNOR	Lima Norte	VENTANILLA	V01	1.329	1.235	2.564	3		4	7	600	470	1 070		0.703	1.851	0.048	1.851	0.751	8	25	33	7 638	1 345	8 982	1 262	285	1 547	
EDELNOR	Lima Norte	VENTANILLA	V02	44.134	0.379	44.513	121			121	12 550	119.587	125.234	0.333		119.920	125.234			4	11 114	11 118		85	8 698	8 783	14	1 842	1 856
EDELNOR	Lima Norte	VENTANILLA	V04	15.135	3.593	18.728	60		2	62	5 840	425	6 265	40.665	43.888	35.944	36.538	76.609	80.426	1	8 681	8 682	67	10 320	10 387	11	2 186	2 197	
EDELNOR	Lima Norte	VENTANILLA	V05	0.730	4.294	5.024	7		3	10	820	910	1 730	3.358	5.198	25.727	19.743	29.085	24.941	1	2 213	2 214	190	4 616	4 806	31	978	1 009	
EDELNOR	Lima Norte	VENTANILLA	V06	15.346	5.363	20.709	70		3	73	6 977	260	7 237	27.416	28.522	59.504	57.713	86.920	86.235	7	10 920	10 927	571	14 811	15 382	94	3 137	3 232	
EDELNOR	Lima Norte	VENTANILLA	V07	15.279	4.900	20.179	43		10	53	3 725	1 775	5 500	45.266	49.937	33.231	28.673	78.497	78.610	5	6 451	6 456	4 307	10 535	14 842	712	2 231	2 943	
EDELNOR	Lima Norte	ZAPALLAL	W02	10.870	6.082	16.952	42		4	46	2 975	495	3 470	37.393	36.788	17.428	10.256	54.821	47.044	4	4 190	4 194	776	6 305	7 081	128	1 336	1 464	
EDELNOR	Lima Norte	ZAPALLAL	W03	31.286	5.892	37.178	128		1	129	6 980	100	7 080	68.343	66.612	10.205	5.016	78.548	71.628	9	4 033	4 042	2 809	8 024	10 833	464	1 700	2 164	
EDELNOR	Lima Norte	ZAPALLAL	W04	21.405	2.440	23.845	81		1	82	8 685	10	8 695	73.117	71.133	65.045	54.460	138.162	125.593	2	11 278	11 280	4	9 169	9 173	1	1 942	1 943	
EDELNOR	Lima Norte	ZAPALLAL	W05	23.601	4.853	28.454	109		2	111	9 780	125	9 905	91.295	91.896	36.801	31.131	128.096	123.027	1	10 318	10 319	3	11 018	11 021	1	2 334	2 334	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	BALNEARIOS	Z01	1.785	9.811	11.596	4		14	18	597	5 090	5 687	0.446	0.959	36.116	27.190	36.562	28.149	2	4 122	4 124	6 123	18 865	24 988	1 012	3 996	5 007	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	BALNEARIOS	Z03	2.555	8.622	11.177	3		18	21	700	5 870	6 570	0.544	0.422	32.127	20.050	32.671	20.472	7	3 888	3 895	7 731	22 782	30 513	1 277	4 826	6 103	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	BALNEARIOS	Z05		11.570	11.570	2		21	23	550	6 480	7 030	0.602	1.737	53.055	39.342	53.657	41.079	2	5 446	5 448	5 642	24 575	30 217	932	5 205	6 137	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	BALNEARIOS	Z06	0.389	7.114	7.503	4		11	15	850	5 070	5 920	0.627	1.522	37.511	25.411	38.138	26.933	2	4 542	4 544	1 707	20 940	22 647	282	4 435	4 717	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	BALNEARIOS	Z07	0.418	9.139	9.557	1		19	20	150	5 940	6 090	0.376	0.681	29.910	27.444	30.286	28.125	4	4 208	4 212	8 251	18 245	26 496	1 363	3 865		

Nombre Empresa	Nombre Sistema	Centro de Transformación	Alimentador	Red Media Tensión (km)			Subestaciones de Distribución (unidad)			Subestaciones de Distribución (kVA)			Baja Tensión Aérea		Baja Tensión Subterránea		Baja Tensión (Aérea + Subterránea)		Clientes al 31/12/2007			Energía Año 2007 (MW.h)			Demanda Año 2007 (kW)		
				Red Aérea	Red Subterránea	Total	Aéreas	Subterráneas	Total	Aéreas	Subterráneas	Total	Red Servicio Particular (km)	Red Alumbrado Público (km)	Red Servicio Particular (km)	Red Alumbrado Público (km)	Red Servicio Particular (km)	Red Alumbrado Público (km)	Media Tensión	Baja Tensión	Total	Media Tensión	Baja Tensión	Total	Media Tensión	Baja Tensión	Total
LUZ DEL SUR	Lima Sur	CHORRILLOS	CH06	7.504	11.977	19.481	30	25	55	4 670	4 120	8 790	9.817	8.449	45.105	27.990	54.922	36.439	20	2 386	2 406	19 334	16 225	35 559	3 194	3 437	6 631
LUZ DEL SUR	Lima Sur	CHORRILLOS	CH08	2.579	7.371	9.950	4	8	12	480	2 727	3 207	2.283	2.064	13.723	7.961	16.006	10.025	28	1 660	1 688	25 270	7 540	32 811	4 175	1 597	5 772
LUZ DEL SUR	Lima Sur	CHORRILLOS	CH21	8.167	5.817	13.984	10		10	1 052		1 052	2.637	2.044	4.023	1.106	6.660	3.150	15	213	228	19 148	1 877	21 025	3 163	398	3 561
LUZ DEL SUR	Lima Sur	CHOSICA	SR01	15.065	8.563	23.628	57	9	66	5 089	1 026	6 115	59.690	54.586	13.115	9.936	72.805	64.522	6	5 711	5 717	1 391	13 523	14 914	230	2 864	3 094
LUZ DEL SUR	Lima Sur	CHOSICA	SR02	0.098	0.269	0.367	2		2	130		130	0.973	1.051	0.793	0.012	1.766	1.063	1	152	153	347	279	625	57	59	116
LUZ DEL SUR	Lima Sur	CHOSICA	SR03	12.814	0.721	13.535	29	1	30	2 305	100	2 405	20.615	19.441	6.344	3.722	26.959	23.163	2	2 066	2 068	190	5 386	5 576	31	1 141	1 172
LUZ DEL SUR	Lima Sur	CHOSICA	SR05	10.899	2.538	13.437	30	4	34	2 413	492	2 905	17.320	15.133	15.244	11.168	32.564	26.301	3	2 270	2 273	4 805	6 529	11 334	794	1 383	2 177
LUZ DEL SUR	Lima Sur	CHOSICA	SR08	29.106	0.379	29.485	13		13	790		790	9.551	7.728	0.619	0.191	10.170	7.919	1	452	453	43	918	961	7	194	202
LUZ DEL SUR	Lima Sur	CHOSICA	SR09	8.175	7.305	15.480	28	11	39	3 903	961	4 864	29.749	29.109	11.930	8.098	41.679	37.207	3	4 151	4 154	1 735	11 160	12 895	287	2 364	2 651
LUZ DEL SUR	Lima Sur	NANA	NA01	17.332	3.011	20.343	49	4	53	4 546	295	4 841	42.954	41.257	27.584	22.437	70.538	63.694	16	4 477	4 493	29 087	12 493	41 580	4 806	2 646	7 452
LUZ DEL SUR	Lima Sur	NANA	NA02	30.170	2.767	32.937	68	1	69	4 710	100	4 810	35.703	30.883	10.115	4.125	45.818	35.008	1	2 172	2 173	54	9 481	9 535	9	2 008	2 017
LUZ DEL SUR	Lima Sur	NANA	NA03	18.965	9.083	28.048	44	21	65	4 964	1 797	6 761	25.651	27.121	46.945	42.728	72.596	69.849	4	3 087	3 091	650	10 012	10 661	107	2 121	2 228
LUZ DEL SUR	Lima Sur	NANA	NA04	19.804	0.555	20.359	72	1	73	6 130	25	6 155	54.760	57.021	69.482	53.352	124.242	110.373	5	11 325	11 330	974	13 676	14 650	161	2 897	3 058
LUZ DEL SUR	Lima Sur	NANA	NA05	4.626	11.922	16.548	30	9	39	2 556	1 279	3 835	9.758	11.083	26.245	24.853	36.003	35.936		3 175	3 175		8 977	8 977		1 901	1 901
LUZ DEL SUR	Lima Sur	NANA	NA06	24.004	5.541	29.545	86	3	89	6 935	620	7 555	29.052	31.524	85.887	60.358	114.939	91.882	6	8 315	8 321	3 979	18 034	22 012	657	3 820	4 477
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G01	0.286	5.840	6.126		5	5		2 580	2 580		1.478	8.924	6.714	8.924	8.192	5	1 472	1 477	14 824	5 879	20 703	2 449	1 245	3 695
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G02		3.274	3.274	1	5	6	150	3 340	3 490	0.993	2.814	8.888	4.344	9.881	7.158		1 801	1 801		7 642	7 642		1 619	1 619
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G03	0.020	2.166	2.186		2	2		1 280	1 280			0.373		0.373			159	159		2 261	2 261		479	479
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G04	0.140	0.951	1.091		1	1		350	350	0.080	0.478	2.489	3.417	2.569	3.895	3	62	65	3 510	1 389	4 898	580	294	874
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G05	0.159	2.040	2.199		2	2		1 610	1 610	0.173	0.074	2.933	0.579	3.106	0.653	1	680	681	1 480	2 757	4 237	244	584	828
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G06	2.535	2.671	5.206	10	3	13	3 845	1 352	5 197	6.271	5.159	1.735	0.492	8.006	5.651	2	3 167	3 169	1 829	13 998	15 828	302	2 965	3 267
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G07	3.867	3.342	7.209	23	5	28	6 664	3 180	9 844	9.051	3.116	2.568	2.369	11.619	5.485		4 007	4 007		19 747	19 747		4 183	4 183
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G08	0.020	2.080	2.100		3	3		3 390	3 390			0.423		0.423			334	334		3 379	3 379		716	716
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G09	2.219	5.273	7.492	11	8	19	2 975	1 950	4 925	15.182	13.440	2.571	1.297	17.753	14.737	1	4 469	4 470	1 016	13 425	14 441	168	2 844	3 011
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G10	0.125	4.739	4.864	1	9	10	90	4 460	4 550	1.931	3.007	13.440	3.525	15.371	6.532	1	2 550	2 551	572	11 076	11 647	94	2 346	2 440
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G11	0.610	3.126	3.736	3	6	9	800	3 050	3 850	1.082	1.360	11.856	6.578	12.938	7.938	5	1 598	1 603	2 159	10 425	12 584	357	2 208	2 565
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G13	0.240	5.020	5.260	2	7	9	240	3 700	3 940	5.133	4.802	22.817	11.834	27.950	16.636	3	5 756	5 759	955	15 737	16 692	158	3 333	3 491
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G14	0.006	2.978	2.984	1	5	6	275	1 595	1 870	1.256	3.223	7.276	3.298	8.532	6.521	3	1 472	1 475	7 350	4 170	11 541	1 218	883	2 101
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G15	1.840	4.123	5.963	12	8	20	3 045	2 230	5 275	8.265	8.178	11.233	2.928	19.498	11.106	3	3 062	3 065	4 296	12 552	16 848	710	2 659	3 369
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G16	0.137	4.020	4.157	1	5	6	375	3 340	3 715	4.571	3.930	14.704	9.038	19.275	12.968	7	3 294	3 301	7 122	12 043	19 165	1 177	2 551	3 728
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G18	0.196	5.048	5.244	2	7	9	575	3 600	4 175	3.147	10.901	30.696	13.707	33.843	24.608	2	1 473	1 475	606	5 124	5 730	100	1 085	1 186
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G19	0.140	6.950	7.090	2	3	5	550	1 980	2 530	1.534	0.825	5.642	2.991	7.176	3.816	3	1 326	1 329	3 807	7 093	10 900	629	1 502	2 131
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G20		5.750	5.750	1	10	11	275	5 315	5 590	0.962	2.259	14.957	9.145	15.919	11.404	1	2 528	2 529	1 266	11 650	12 917	209	2 468	2 677
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G21	0.434	7.941	8.375	3	11	14	800	4 640	5 440	2.450	4.158	21.871	14.748	24.321	18.906	5	4 987	4 992	4 458	15 265	19 723	737	3 233	3 970
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G22		4.235	4.235	7	7	7		3 275	3 275	0.238	2.573	13.178	9.809	13.416	12.382	2	1 403	1 405	1 226	8 548	9 774	203	1 811	2 013
LUZ DEL SUR	Lima Sur	HUACHIPA	HP01	17.371	1.352	18.723	33	1	34	2 419	82	2 501	37.089	39.035	6.677	3.955	43.766	42.990	5	2 709	2 714	12 458	6 138	18 596	2 058	1 300	3 358
LUZ DEL SUR	Lima Sur	HUACHIPA	HP02	25.759	2.985	28.744	50	2	52	3 176	400	3 576	40.546	33.101	9.097	4.125	49.643	37.226	8	3 171	3 179	6 365	6 052	12 417	1 052	1 282	2 334
LUZ DEL SUR	Lima Sur	HUACHIPA	HP03	13.498	2.576	16.074	30	6	36	2 952	624	3 576	15.494	11.462	14.666	4.812	30.160	16.274	6	1 523	1 529	11 369	7 806	19 175	1 878	1 653	3 532
LUZ DEL SUR	Lima Sur	HUACHIPA	HP04	11.594	6.492	18.086	33	1	34	3 843	25	3 868	13.878	22.966	14.792	0.384	28.670	23.350	13	946	959	6 470	10 594	17 064	1 069	2 244	3 313
LUZ DEL SUR	Lima Sur	HUACHIPA	HP05	2.013	0.368	2.381													14	930	944	19 012	4 302	23 314	3 141	911	4 052
LUZ DEL SUR	Lima Sur	HUACHIPA	HP06	12.366	2.794	15.160	32	6	38	4 177	677	4 854	7.701	12.716	9.785	2.422	17.486	15.138	10	364	374	13 369	7 359	20 728	2 209	1 559	3 768
LUZ DEL SUR	Lima Sur	HUACHIPA	HP07	9.738	6.220	15.958	19	12	31	1 909	1 650	3 559	11.489	10.017	27.864	17.419	39.353	27.436									

Nombre Empresa	Nombre Sistema	Centro de Transformación	Alimentador	Red Media Tensión (km)			Subestaciones de Distribución (unidad)			Subestaciones de Distribución (kVA)			Baja Tensión Aérea		Baja Tensión Subterránea		Baja Tensión (Aérea + Subterránea)		Clientes al 31/12/2007			Energía Año 2007 (MW.h)			Demanda Año 2007 (kW)			
				Red Aérea	Red Subterránea	Total	Aéreas	Subterráneas	Total	Aéreas	Subterráneas	Total	Red Servicio Particular (km)	Red Alumbrado Público (km)	Red Servicio Particular (km)	Red Alumbrado Público (km)	Red Servicio Particular (km)	Red Alumbrado Público (km)	Media Tensión	Baja Tensión	Total	Media Tensión	Baja Tensión	Total	Media Tensión	Baja Tensión	Total	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LIMATAMBO	C17	0.337	4.528	4.865	1	10	11	275	6 285	6 560	0.667	2.091	12.007	7.856	12.674	9.947	2	800	802	905	14 458	15 362	149	3 062	3 212	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LIMATAMBO	C18	0.264	4.984	5.248	2	3	5	1 260	1 240	2 500	1.188	2.514	9.311	5.236	10.499	7.750	4	5 234	5 238	7 208	17 685	24 894	1 191	3 746	4 937	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LIMATAMBO	C19	0.230	2.344	2.574	1	4	5	82	1 380	1 462	0.387	8.268	3.923	8.268	4.310	2	768	770	2 486	4 614	7 100	411	977	1 388		
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LIMATAMBO	C20	7.769	7.769	15.538	5	8	13	1 360	5 540	6 900	0.382	0.899	23.792	16.437	24.174	17.336	4	1 950	1 954	4 998	16 818	21 816	826	3 562	4 388	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U01	0.099	7.982	8.081	1	18	19	82	6 880	6 962	4.186	6.396	23.890	9.713	28.076	16.109	9	3 427	3 436	10 845	19 778	30 623	1 792	4 189	5 981	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U03		4.381	4.381		7	7		3 200	3 200	1.809	1.774	9.819	2.965	11.628	4.739	5	2 004	2 009	12 273	9 947	22 220	2 028	2 107	4 135	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U04	1.717	6.139	7.856	5	19	24	800	6 520	7 320	6.410	10.376	20.176	9.998	26.586	20.374	4	3 926	3 930	4 284	20 406	24 690	708	4 322	5 030	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U05	0.134	4.567	4.701	1	9	10	40	4 400	4 440	0.858	1.472	8.248	2.649	9.106	4.121	3	2 317	2 320	6 605	11 047	17 652	1 091	2 340	3 431	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U06	0.743	5.115	5.858		16	16		4 945	4 945	2.283	2.640	10.564	3.012	12.847	5.652	8	2 374	2 382	10 464	12 169	22 633	1 729	2 578	4 306	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U07	0.369	7.216	7.585	2	23	25	242	9 355	9 597	5.383	4.016	14.885	3.418	20.268	7.434	5	4 295	4 300	1 854	23 108	24 962	306	4 895	5 201	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U08	0.012	4.379	4.391	2	8	10	300	3 460	3 760	3.494	7.195	12.683	6.478	16.177	13.673	6	2 945	2 951	3 664	14 053	17 717	605	2 977	3 582	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U10	0.338	3.552	3.890	1	7	8	275	2 310	2 585	1.411	1.905	8.067	1.253	9.478	3.158	4	1 218	1 222	1 416	9 628	11 044	234	2 039	2 273	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U12		7.718	7.718	1	9	10	82	4 800	4 882	4.203	8.540	11.751	5.997	15.954	14.537	2	1 933	1 935	2 302	13 038	15 340	380	2 762	3 142	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U13	0.158	2.965	3.123	2	6	8	425	3 900	4 325	0.551	3.223	12.963	5.778	13.514	9.001	6	1 625	1 631	8 453	9 339	17 792	1 397	1 978	3 375	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U14	0.255	5.987	6.242	1	17	18	275	5 722	5 997	5.085	5.403	12.345	5.435	17.430	10.838	4	3 253	3 257	3 964	15 938	19 902	655	3 376	4 031	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U15	1.018	5.962	6.980	9	14	23	2 300	6 385	8 685	3.179	3.701	24.205	14.222	27.384	17.923	5	4 431	4 436	4 296	21 539	25 835	710	4 562	5 272	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U16		6.924	6.924	2	10	12	365	4 220	4 585	2.916	4.362	28.241	19.419	31.157	23.781	2	3 324	3 326	1 765	16 867	18 632	292	3 573	3 864	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U17	0.100	2.948	3.048	2	4	6	500	1 790	2 290	1.752	1.365	9.159	6.281	10.911	7.646	6	2 068	2 074	9 571	6 520	16 091	1 581	1 381	2 962	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U18		4.530	4.530	1	8	9	275	1 920	2 195	0.221	0.782	13.612	7.525	13.833	8.307	2	1 438	1 440	1 674	7 267	8 941	277	1 539	1 816	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U19	0.299	4.887	5.186	4	7	11	540	3 360	3 900	6.954	7.517	18.337	6.640	25.291	14.157	2	4 002	4 004	2 810	13 984	16 794	464	2 962	3 426	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U20	0.122	7.799	7.921	1	22	23	90	7 525	7 615	2.386	4.897	12.151	3.653	14.537	8.550	4	3 328	3 332	9 002	17 790	26 793	1 487	3 768	5 256	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U21	0.012	5.059	5.071	5	12	17	1 040	4 480	5 520	0.363	1.391	9.797	2.437	10.160	3.828	5	1 786	1 791	5 518	12 917	18 435	912	2 736	3 648	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U22	0.129	6.564	6.693	1	11	12	275	3 795	4 070	3.771	6.993	21.203	8.871	24.974	15.864	4	3 065	3 069	3 909	15 495	19 404	646	3 282	3 928	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U23	0.002	7.884	7.886	3	21	24	685	7 735	8 420	1.317	2.084	10.285	2.171	11.602	4.255	4	3 279	3 283	5 109	19 358	24 467	844	4 100	4 944	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U24		2.529	2.529	6	6	6	2 430	2 430	3.823	4.212	15.054	8.198	18.877	12.410		3 095	3 095		9 821			2 080	2 080		
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LURIN	L01	4.636	4.472	9.108	3	3	6	130	457	587	1.676	1.789	1.234	0.228	2.910	2.017	2	208	210	4 865	1 520	6 385	804	322	1 126	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LURIN	L02	50.604	8.755	59.359	110	11	121	6 660	1 175	7 835	49.836	49.589	34.949	8.696	84.785	58.285	36	3 667	3 703	9 202	10 481	19 683	1 520	2 220	3 740	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LURIN	L03	10.474	5.966	16.440	26	8	34	2 050	1 222	3 272	11.918	8.581	18.896	9.385	28.814	17.966	14	2 341	2 355	4 210	6 632	10 842	696	1 405	2 100	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LURIN	L04	14.317	3.080	17.397	36	2	38	3 504	432	3 936	12.423	18.857	35.144	13.338	47.567	32.195	8	2 310	2 318	5 724	8 767	14 491	946	1 857	2 803	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LURIN	L05	17.052	3.285	20.337	21	6	27	1 170	264	1 434	14.725	14.880	3.470	1.451	18.195	16.331	19	1 080	1 099	12 954	2 796	15 750	2 140	592	2 732	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LURIN	L06	17.366	4.295	21.661	27	4	31	1 868	630	2 498	9.360	9.706	19.460	15.734	28.820	25.440	12	1 484	1 496	4 678	2 965	7 643	773	628	1 401	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LURIN	L21		0.886	0.886	1	1	1	150	150	0.130				0.130		2	4	6	11 137	154	11 291	1 840	33	1 873		
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LURIN	L22	1.582	3.178	4.760	4	1	5	25	25				0.049		0.049		5	1	6	11 241	8	11 250	1 857	2	1 859	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	MONTEERRICO	MO11	0.113	6.912	7.025	4	5	9	860	1 880	2 740	0.194	0.450	8.313	5.402	8.507	5.852	8	517	525	5 745	6 366	12 111	949	1 348	2 298	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	MONTEERRICO	MO12	1.450	12.734	14.184	16	18	34	2 135	4 760	6 895	0.922	4.970	34.846	23.997	35.768	28.967	9	3 284	3 293	10 115	19 645	29 760	1 671	4 161	5 832	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	MONTEERRICO	MO13	2.748	10.965	13.713	24	16	40	3 985	3 677	7 662	1.116	5.108	26.080	18.331	27.196	23.439	10	3 242	3 252	4 246	17 349	21 595	702	3 675	4 376	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	MONTEERRICO	MO14	0.178	12.423	12.601	11	23	34	3 020	6 330	9 350	0.665	1.708	30.082	23.318	30.747	25.026	7	3 890	3 897	5 443	23 458	28 902	899	4 969	5 868	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	MONTEERRICO	MO22	9.166	11.487	20.653	32	12	44	4 186	4 220	8 406	3.376	3.589	69.973	52.003	73.349	55.592	10	6 818	6 828	10 393	25 529	35 922	1 717	5 407	7 124	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	PACHACAMAC	PA03	13.538	2.143	15.681	60	2	62	4 631	164	4 795	13.341	13.264	72.150	35.495	85.581	48.759	3	7 652	7 655	331	13 195	13 526	55	2 795	2 850	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	PACHACAMAC	PA04	13.551	9.212	22.763	71	4	75	6 844	900	7 744	47.143	49.932	62.727	47.419	109.870	97.351	5	11 853	11 858	2 161	16 967	19 128	357	3 594	3 951	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	PACHACAMAC	PA05	13.431	13.578	27.009	41	31	72	3 263	3 441	6 704	31.831	31.459	71.895	49.183	103.726	80.642	9	7 005	7 014	2 602	15 183	17 785	430	3 216	3 646	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	PACHACAMAC	PA06	15.282	6.824	22.106	61	2	63	5 995	425	6 420	29.387	30.335	68.979	56.236	98.366	86.571	3	10 014	10 017	396	15 815	16 211	65	3 350	3 415	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	PUENTE	A01	3.137	2.986	6.123	10	4	14	1 627	750	2 377	2.240	1.225	8.925	6.955	11.165	8.180	11	761	772	20 264	5 071	25 335	3 348	1 074	4 422	
LUZ DEL SUR	Lima Sur	PUENTE	A02	0.994	1.597	2.591		2	2		400	400	0.028	0.301	1.675	3.299	1.703	3.600	6	6	106	112	15 135	1 519	16 654	2 500	322	2 822
LUZ DEL SUR	Lima Sur	PUENTE	A03	1.450	1.042	2.492													3			3	17 832		17 832	2 946		2 946
LUZ DEL SUR	Lima Sur	PUENTE	A05	5.894	7.394	13.288	4	15	19	372	4 645	5 017	1.432	0.464	48.910	36.217	50.342	36.681	2	4 358	4 360	3 982	17 346	21 328	658	3 674		

Nombre Empresa	Nombre Sistema	Centro de Transformación	Alimentador	Red Media Tensión (km)			Subestaciones de Distribución (unidad)			Subestaciones de Distribución (kVA)			Baja Tensión Aérea		Baja Tensión Subterránea		Baja Tensión (Aérea + Subterránea)		Clientes al 31/12/2007			Energía Año 2007 (MW.h)			Demanda Año 2007 (kW)		
				Red Aérea	Red Subterránea	Total	Aéreas	Subterráneas	Total	Aéreas	Subterráneas	Total	Red Servicio Particular (km)	Red Alumbrado Público (km)	Red Servicio Particular (km)	Red Alumbrado Público (km)	Red Servicio Particular (km)	Red Alumbrado Público (km)	Media Tensión	Baja Tensión	Total	Media Tensión	Baja Tensión	Total	Media Tensión	Baja Tensión	Total
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SALAMANCA	SL16	0.774	3.357	4.131	4	2	6	1 015	1 400	2 415	0.213	0.193	6.837	6.176	7.050	6.369	5	242	247	17 478	5 681	23 159	2 888	1 203	4 091
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SALAMANCA	SL17	2.402	3.745	6.147	9	10	19	1 840	2 535	4 375	0.880	0.950	18.749	12.283	19.629	13.233	7	1 515	1 522	8 827	11 848	20 674	1 458	2 509	3 968
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN BARTOLO	S01	12.502	5.276	17.778	18	7	25	1 690	561	2 251	12.384	11.679	29.319	26.192	41.703	37.871	6	1 794	1 800	386	3 149	3 535	64	667	731
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN BARTOLO	S02	30.711	9.686	40.397	33	12	45	3 100	1 501	4 601	22.601	23.754	48.282	44.954	70.883	68.708	13	4 132	4 145	743	7 725	8 468	123	1 636	1 759
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN BARTOLO	S04	24.635	1.260	25.895	6	3	9	594	332	926	0.377	0.277	6.115	7.275	6.492	7.552	5	457	462	241	1 110	1 352	40	235	275
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN BARTOLO	S05	53.006	16.956	69.962	57	29	86	3 911	3 866	7 777	34.727	34.197	52.756	38.446	87.483	72.643	45	3 986	4 031	7 315	8 334	15 649	1 209	1 765	2 974
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN ISIDRO	SI02	0.138	2.327	2.465	1	5	6	275	3 390	3 665	1.322	2.042	7.431	2.051	8.753	4.093	3	1 328	1 331	3 959	10 251	14 211	654	2 171	2 826
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN ISIDRO	SI04	0.005	4.796	4.801	2	12	14	650	4 535	5 185	1.008	1.892	15.307	8.327	16.315	10.219	4	1 285	1 289	4 216	12 015	16 231	697	2 545	3 241
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN ISIDRO	SI06		5.502	5.502	1	14	15	375	6 150	6 525	1.183	3.820	23.932	10.577	25.115	14.397	3	2 385	2 388	1 693	17 152	18 845	280	3 633	3 913
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN ISIDRO	SI07	0.143	12.529	12.672	5	33	38	1 080	11 370	12 450	1.325	2.667	24.889	11.808	26.214	14.475	2	2 828	2 830	2 189	23 384	25 573	362	4 953	5 315
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN ISIDRO	SI08		5.164	5.164	2	8	10	382	4 440	4 822	1.966	1.227	13.234	3.427	15.200	4.654	6	3 621	3 627	7 117	15 448	22 566	1 176	3 272	4 448
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN ISIDRO	SI09		8.997	8.997	1	14	15	160	6 200	6 360	5.409	3.306	24.212	10.895	29.621	14.201	1	5 081	5 082	6 437	19 423	25 860	1 064	4 114	5 178
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN ISIDRO	SI10		6.591	6.591	7	7	14		3 580	3 580	0.873	2.317	13.761	12.021	14.634	14.338	1	2 223	2 224	2 566	13 850	16 415	424	2 934	3 357
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN ISIDRO	SI11	0.084	5.112	5.196	3	7	10	1 165	4 600	5 765	0.835	1.277	7.989	3.551	8.824	4.828	8	876	884	15 904	10 867	26 771	2 628	2 302	4 929
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN ISIDRO	SI12	1.411	5.722	7.133	3	11	14	1 087	4 980	6 067	5.140	7.864	28.153	13.129	33.293	20.993	1	6 335	6 336	1 406	20 542	21 948	232	4 351	4 583
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN ISIDRO	SI14	0.229	4.520	4.749	2	7	9	790	3 330	4 120	3.968	4.089	13.145	6.566	17.113	10.655	3	1 541	1 544	1 717	12 014	13 731	284	2 545	2 828
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN ISIDRO	SI15		2.085	2.085	5	5	5	5 270	5 270				4.638	0.523	4.638	0.523	4	747	751	7 252	10 063	17 315	1 198	2 132	3 330
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN ISIDRO	SI16		6.929	6.929	1	16	17	160	6 520	6 680	1.940	4.999	18.568	9.914	20.508	14.913		2 050	2 050		18 100	18 100		3 834	3 834
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN ISIDRO	SI17	0.116	3.155	3.271	9	9	9	4 780	4 780		1.411	3.979	9.076	3.839	10.487	7.818		1 620	1 620		14 317	14 317		3 033	3 033
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN ISIDRO	SI19	0.002	5.077	5.079	3	16	19	665	5 700	6 365	0.726	0.909	11.374	7.206	12.100	8.115	4	1 697	1 701	6 297	18 437	24 734	1 040	3 905	4 946
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN ISIDRO	SI20	0.358	8.373	8.731	2	16	18	172	5 710	5 882	4.095	5.333	21.172	12.553	25.267	17.886	1	3 342	3 343	817	19 947	20 764	135	4 225	4 360
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN ISIDRO	SI21		2.941	2.941	7	7	7	5 620	5 620				0.756		0.756		5	164	169	5 709	10 355	16 064	943	2 193	3 137
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN JUAN	SJ01	13.820	5.549	19.369	33	3	36	2 782	380	3 162	17.091	20.642	25.847	16.422	42.938	37.064	9	3 322	3 331	1 562	7 399	8 960	258	1 567	1 825
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN JUAN	SJ02	9.584	6.068	15.652	33	17	50	3 192	1 540	4 732	10.348	9.063	58.348	42.273	68.696	51.336	5	5 770	5 775	1 827	15 342	17 169	302	3 250	3 552
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN JUAN	SJ03	9.649	14.491	24.140	53	9	62	9 087	2 270	11 357	18.559	18.932	73.489	54.526	92.048	73.458	2	11 432	11 434	362	27 475	27 837	60	5 820	5 879
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN JUAN	SJ04	8.618	9.902	18.520	22	22	44	4 411	4 266	8 677	3.936	4.623	49.884	49.680	53.820	54.303	2	9 261	9 263	2 539	27 798	30 337	419	5 888	6 308
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN JUAN	SJ05	13.330	5.023	18.353	40	2	42	6 294	375	6 669	15.290	15.096	77.163	56.326	92.453	71.422	4	9 485	9 489	1 364	19 704	21 068	225	4 174	4 399
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN JUAN	SJ06	3.277	3.061	6.338	19	1	20	1 633	82	1 715	13.040	12.219	7.021	6.300	20.061	18.519	3	2 529	2 532	2 145	3 985	6 130	354	844	1 198
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN MATEO	SM11	7.098	0.296	7.394	6	3	9	302	1 130	1 432	7.118	7.341	0.574	0.202	7.692	7.543	2	740	742	1 764	1 121	2 885	291	237	529
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SANTA ANITA	ST11	2.983	1.378	4.361	13	1	14	1 549	82	1 631	3.440	4.748	13.606	10.373	16.946	15.121	1	1 155	1 156	511	5 472	5 983	84	1 159	1 244
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SANTA ANITA	ST12	12.947	10.122	23.069	46	14	60	4 182	2 115	6 297	22.986	22.527	52.078	39.973	75.064	62.500	5	7 840	7 845	6 519	18 011	24 530	1 077	3 815	4 892
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SANTA ANITA	ST13	5.966	7.140	13.106	14	16	30	2 197	4 110	6 307	8.118	6.789	43.648	34.569	51.766	41.358	7	4 450	4 457	2 589	20 282	22 871	428	4 296	4 724
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SANTA ANITA	ST14	8.528	3.516	12.044	29	5	34	3 757	960	4 717	14.388	15.824	54.476	41.890	68.864	57.714	2	5 700	5 702	239	18 432	18 671	39	3 904	3 944
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SANTA ANITA	ST15	5.232	2.769	8.001	18	7	25	2 774	1 339	4 113	1.448	0.535	21.074	14.347	22.522	14.882	4	1 540	1 544	9 927	11 047	20 974	1 640	2 340	3 980
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SANTA ANITA	ST21	15.875	6.427	22.302	38	6	44	4 882	1 650	6 532	16.940	17.273	38.043	28.223	54.983	45.496	17	3 739	3 756	14 361	16 860	31 221	2 373	3 571	5 944
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SANTA ANITA	ST24	1.661	1.559	3.220													1		1	1 089		1 089	180		180
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SANTA CLARA	SC10	12.459	3.115	15.574	52	3	55	5 284	369	5 653	28.809	25.651	33.337	24.213	62.146	49.864	10	4 445	4 455	12 552	13 742	26 295	2 074	2 911	4 985
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SANTA CLARA	SC11	12.342	7.341	19.683	41	9	50	4 107	1 169	5 276	34.072	35.425	24.206	17.519	58.278	52.944	9	4 857	4 866	7 011	8 533	15 544	1 158	1 807	2 966
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SANTA CLARA	SC13		0.616	0.616	1	1	1	82	82				0.120		0.120		3		3	1 418		1 418	234		234
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SANTA CLARA	SC20	17.868	2.691	20.559	55	2	57	4 315	232	4 547	24.722	23.272	38.717	22.636	63.439	45.908	11	1 974	1 985	18 247	4 979	23 226	3 015	1 055	4 069
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SANTA CLARA	SC21	5.558	3.397	8.955	11	3	14	1 185	189	1 374	6.430	5.734	4.746	2.614	11.176	8.348	1	4	5	1 064	101	1 166	176	21	197
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SURCO	SU01	33.385	1.954	35.339	12	8	20	702	558	1 260	10.291	9.473	8.064	5.794	18.355	15.267	1	1 299	1 300	60	1 620	1 680	10	343	353
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SURCO	SU02		0.056	0.056													2		2	920		920	152		152
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SURCO	SU03	29.438	1.115	30.553	12	3	15	655	285	940	10.339	9.586	3.621	2.075	13.960	11.661	6	530	536	194	890	1 084	32	189	221
LUZ DEL SUR	Lima Sur	VILLA EL SALVADOR	SA12	11.181	1.552	12.733	32		32	3 041		3 041	7.165	7.026	53.545	30.644	60.710	37.670	2	4 767	4 769	545	8 129	8 674	90	1 722	1 812
LUZ DEL SUR	Lima Sur	VILLA EL SALVADOR	SA13	13.460	6.360	19.820	58	12	70	6 731	1 712	8 443	23.581	21.795	38.468	26.145	62.049	47.940	5	792	797	2 795	8 772	11 568	462	1 858	2 320
LUZ DEL SUR	Lima Sur	VILLA EL SALVADOR	SA14	14.333	7.001	21.334	63	8	71	4 981	767	5 748	14														

6.2 Anexo N° 2: Alimentadores según su Densidad de Carga Lineal

Nombre Empresa	Nombre Sistema	Centro de Transformación	Alimentador	Estrato	Densidad de Carga Lineal (kW/km)
LUZ DEL SUR	Lima Sur	INGENIEROS	IG23	MAD	4 487
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SURCO	SU02	MAD	2 715
EDELNOR	Lima Norte	INDUSTRIAL	ID09	MAD	2 355
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LURIN	L21	MAD	2 114
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SALAMANCA	SL13	MAD	2 066
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	SR51	MAD	1 920
LUZ DEL SUR	Lima Sur	PUENTE	A12	MAD	1 888
EDELNOR	Lima Norte	OQUENDO	O01	MAD	1 753
LUZ DEL SUR	Lima Sur	HUACHIPA	HP05	MAD	1 702
EDELNOR	Lima Norte	TACNA	T18	MAD	1 619
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN ISIDRO	SI15	MAD	1 597
LUZ DEL SUR	Lima Sur	BALNEARIOS	Z13	MAD	1 518
LUZ DEL SUR	Lima Sur	INGENIEROS	IG13	MAD	1 415
LUZ DEL SUR	Lima Sur	PUENTE	A23	MAD	1 399
LUZ DEL SUR	Lima Sur	PUENTE	A14	MAD	1 397
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LIMATAMBO	C10	MAD	1 317
EDELNOR	Lima Norte	INDUSTRIAL	ID04	MAD	1 275
EDELNOR	Lima Norte	TACNA	T10	MAD	1 237
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LAS PRADERAS	PR21	MAD	1 218
EDELNOR	Lima Norte	TACNA	T14	MAD	1 189
LUZ DEL SUR	Lima Sur	PUENTE	A03	MAD	1 182
EDELNOR	Lima Norte	TACNA	T16	MAD	1 175
LUZ DEL SUR	Lima Sur	PUENTE	A13	MAD	1 166
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN ISIDRO	SI02	MAD	1 146
EDELNOR	Lima Norte	TOMAS VALLE	TV07	AD1	1 091
LUZ DEL SUR	Lima Sur	PUENTE	A02	AD1	1 089
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U13	AD1	1 081
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN ISIDRO	SI21	AD1	1 066
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M29	AD1	1 056
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M03	AD1	1 053
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LIMATAMBO	C07	AD1	1 020
LUZ DEL SUR	Lima Sur	PUENTE	A17	AD1	997
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SALAMANCA	SL16	AD1	990
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN ISIDRO	SI19	AD1	974
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U17	AD1	972
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LIMATAMBO	C15	AD1	966
EDELNOR	Lima Norte	CHAVARRIA	CH02	AD1	957
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LIMATAMBO	C13	AD1	956
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN ISIDRO	SI11	AD1	949
LUZ DEL SUR	Lima Sur	INGENIEROS	IG14	AD1	949
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P16	AD1	945
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U03	AD1	944
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LIMATAMBO	C18	AD1	941
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN ISIDRO	SI17	AD1	927
LUZ DEL SUR	Lima Sur	PUENTE	A11	AD1	926
EDELNOR	Lima Norte	TACNA	T17	AD1	897
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G16	AD1	897
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LIMATAMBO	C16	AD1	895
EDELNOR	Lima Norte	PERSHING	Q03	AD1	893
EDELNOR	Lima Norte	PANDO	PA02	AD1	891
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN ISIDRO	SI08	AD1	861
LUZ DEL SUR	Lima Sur	PUENTE	A07	AD1	858
EDELNOR	Lima Norte	BARSI	K01	AD1	857
EDELNOR	Lima Norte	TACNA	T02	AD1	855
EDELNOR	Lima Norte	INDUSTRIAL	ID02	AD1	839
EDELNOR	Lima Norte	TACNA	T19	AD1	829
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U24	AD1	823
EDELNOR	Lima Norte	PERSHING	Q18	AD1	821
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U08	AD1	816
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M16	AD1	814
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SALAMANCA	SL01	AD1	808
EDELNOR	Lima Norte	TACNA	T09	AD1	806
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G04	AD1	801
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SALAMANCA	SL15	AD1	780
LUZ DEL SUR	Lima Sur	PUENTE	A15	AD1	780
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P22	AD1	774
EDELNOR	Lima Norte	PANDO	PA09	AD1	765
LUZ DEL SUR	Lima Sur	PUENTE	A09	AD1	758
EDELNOR	Lima Norte	CHAVARRIA	CH08	AD1	757
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U15	AD1	755
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LIMATAMBO	C02	AD1	748
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U01	AD1	740
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U06	AD1	735
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U05	AD1	730
LUZ DEL SUR	Lima Sur	PUENTE	A01	AD1	722

Nombre Empresa	Nombre Sistema	Centro de Transformación	Alimentador	Estrato	Densidad de Carga Lineal (kW/km)
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U21	AD1	719
EDELNOR	Lima Norte	PERSHING	Q04	AD1	715
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN ISIDRO	SI06	AD1	711
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G14	AD1	704
EDELNOR	Lima Norte	PANDO	PA14	AD1	688
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G11	AD1	687
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U07	AD1	686
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M19	AD1	683
EDELNOR	Lima Norte	TACNA	T07	AD1	678
EDELNOR	Lima Norte	TACNA	T04	AD1	677
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SALAMANCA	SL07	AD1	677
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN ISIDRO	SI04	AD1	675
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LIMATAMBO	C12	AD1	669
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G13	AD1	664
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U20	AD1	664
EDELNOR	Lima Norte	TACNA	T27	AD1	662
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U19	AD1	661
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LIMATAMBO	C17	AD1	660
LUZ DEL SUR	Lima Sur	PUENTE	A16	AD1	651
EDELNOR	Lima Norte	TOMAS VALLE	TV10	AD1	651
EDELNOR	Lima Norte	MARANGA	MA16	AD2	649
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U14	AD2	646
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SALAMANCA	SL17	AD2	645
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN ISIDRO	SI12	AD2	643
EDELNOR	Lima Norte	TACNA	T03	AD2	642
EDELNOR	Lima Norte	BARSI	K16	AD2	641
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U04	AD2	640
EDELNOR	Lima Norte	PANDO	PA13	AD2	639
EDELNOR	Lima Norte	INDUSTRIAL	ID08	AD2	636
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M04	AD2	636
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M09	AD2	631
LUZ DEL SUR	Lima Sur	BALNEARIOS	Z20	AD2	629
LUZ DEL SUR	Lima Sur	BALNEARIOS	Z06	AD2	629
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G06	AD2	628
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U23	AD2	627
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LIMATAMBO	C11	AD2	624
EDELNOR	Lima Norte	PANDO	PA10	AD2	622
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P29	AD2	621
LUZ DEL SUR	Lima Sur	PUENTE	A18	AD2	621
LUZ DEL SUR	Lima Sur	INGENIEROS	IG15	AD2	615
EDELNOR	Lima Norte	INFANTAS	I12	AD2	607
EDELNOR	Lima Norte	VENTANILLA	V01	AD2	603
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G01	AD2	603
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P27	AD2	602
EDELNOR	Lima Norte	TOMAS VALLE	TV05	AD2	599
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SALAMANCA	SL11	AD2	598
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN ISIDRO	SI14	AD2	596
EDELNOR	Lima Norte	PERSHING	Q02	AD2	589
EDELNOR	Lima Norte	BARSI	K20	AD2	588
EDELNOR	Lima Norte	PERSHING	Q15	AD2	588
EDELNOR	Lima Norte	TACNA	T13	AD2	587
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LIMATAMBO	C05	AD2	587
EDELNOR	Lima Norte	NARANJAL	NJ12	AD2	587
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U22	AD2	587
EDELNOR	Lima Norte	PERSHING	Q07	AD2	586
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U10	AD2	584
LUZ DEL SUR	Lima Sur	BALNEARIOS	Z19	AD2	581
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G07	AD2	580
LUZ DEL SUR	Lima Sur	CHORRILLOS	CH08	AD2	580
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P06	AD2	579
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M08	AD2	578
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SALAMANCA	SL09	AD2	577
EDELNOR	Lima Norte	MARANGA	MA01	AD2	577
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN ISIDRO	SI09	AD2	575
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M22	AD2	575
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LIMATAMBO	C06	AD2	570
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G15	AD2	565
LUZ DEL SUR	Lima Sur	BALNEARIOS	Z17	AD2	565
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LIMATAMBO	C20	AD2	565
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	SR40	AD2	563
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U16	AD2	558
EDELNOR	Lima Norte	PERSHING	Q11	AD2	556
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN ISIDRO	SI16	AD2	553
EDELNOR	Lima Norte	MARANGA	MA05	AD2	550
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M07	AD2	548

Nombre Empresa	Nombre Sistema	Centro de Transformación	Alimentador	Estrato	Densidad de Carga Lineal (kW/km)
LUZ DEL SUR	Lima Sur	BALNEARIOS	Z07	AD2	547
LUZ DEL SUR	Lima Sur	BALNEARIOS	Z03	AD2	546
LUZ DEL SUR	Lima Sur	BARRANCO	B04	AD2	546
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LIMATAMBO	C08	AD2	543
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LIMATAMBO	C09	AD2	543
EDELNOR	Lima Norte	PANDO	PA07	AD2	542
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M01	AD2	541
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LIMATAMBO	C01	AD2	540
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LIMATAMBO	C19	AD2	539
LUZ DEL SUR	Lima Sur	BALNEARIOS	Z15	AD2	535
LUZ DEL SUR	Lima Sur	BALNEARIOS	Z05	AD2	530
LUZ DEL SUR	Lima Sur	VILLA MARIA	VM01	AD2	529
EDELNOR	Lima Norte	BARSI	K14	AD2	529
EDELNOR	Lima Norte	MARANGA	MA12	AD2	528
EDELNOR	Lima Norte	INFANTAS	I05	AD2	527
EDELNOR	Lima Norte	PERSHING	Q12	AD2	520
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN ISIDRO	SI10	AD2	509
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SALAMANCA	SL03	AD2	509
LUZ DEL SUR	Lima Sur	BARRANCO	B03	AD2	505
EDELNOR	Lima Norte	CHAVARRIA	CH14	AD2	504
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G10	AD2	502
LUZ DEL SUR	Lima Sur	BARRANCO	B08	AD2	501
LUZ DEL SUR	Lima Sur	BARRANCO	B01	AD2	500
EDELNOR	Lima Norte	PANDO	PA06	AD2	499
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN ISIDRO	SI20	AD2	499
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P01	AD2	499
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SANTA ANITA	ST15	AD2	497
LUZ DEL SUR	Lima Sur	INGENIEROS	IG12	AD2	496
EDELNOR	Lima Norte	PANDO	PA05	AD2	495
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G02	AD2	494
EDELNOR	Lima Norte	PERSHING	Q06	AD2	486
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SALAMANCA	SL05	AD2	485
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SALAMANCA	SL02	AD2	481
EDELNOR	Lima Norte	NARANJAL	NJ05	AD2	477
LUZ DEL SUR	Lima Sur	PUENTE	A22	AD2	476
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G22	AD2	475
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G21	AD2	474
EDELNOR	Lima Norte	PANDO	PA12	AD2	466
LUZ DEL SUR	Lima Sur	MONTERRICO	MO14	AD2	466
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G20	AD2	466
EDELNOR	Lima Norte	TOMAS VALLE	TV04	AD2	460
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LIMATAMBO	C14	AD2	453
EDELNOR	Lima Norte	INDUSTRIAL	ID07	MD	449
LUZ DEL SUR	Lima Sur	INGENIEROS	IG11	MD	449
EDELNOR	Lima Norte	PERSHING	Q13	MD	443
LUZ DEL SUR	Lima Sur	BARRANCO	B05	MD	441
EDELNOR	Lima Norte	MARANGA	MA09	MD	440
EDELNOR	Lima Norte	PERSHING	Q16	MD	439
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P24	MD	438
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P23	MD	437
EDELNOR	Lima Norte	CANTO GRANDE	CG05	MD	436
EDELNOR	Lima Norte	SANTA MARINA	F21	MD	436
LUZ DEL SUR	Lima Sur	PUENTE	A10	MD	434
LUZ DEL SUR	Lima Sur	VILLA MARIA	VM17	MD	432
LUZ DEL SUR	Lima Sur	BALNEARIOS	Z01	MD	432
EDELNOR	Lima Norte	MARANGA	MA13	MD	431
LUZ DEL SUR	Lima Sur	VILLA MARIA	VM11	MD	431
LUZ DEL SUR	Lima Sur	BALNEARIOS	Z18	MD	424
EDELNOR	Lima Norte	PERSHING	Q08	MD	423
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M02	MD	421
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN ISIDRO	SI07	MD	419
LUZ DEL SUR	Lima Sur	VILLA MARIA	VM16	MD	419
EDELNOR	Lima Norte	TACNA	T24	MD	418
EDELNOR	Lima Norte	CHAVARRIA	CH15	MD	415
LUZ DEL SUR	Lima Sur	BARRANCO	B07	MD	415
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M06	MD	413
LUZ DEL SUR	Lima Sur	MONTERRICO	MO12	MD	411
EDELNOR	Lima Norte	CHAVARRIA	CH22	MD	411
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U12	MD	407
EDELNOR	Lima Norte	MARANGA	MA11	MD	405
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P14	MD	403
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G09	MD	402
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LUIS NEYRA	U18	MD	401
LUZ DEL SUR	Lima Sur	BARRANCO	B02	MD	401
LUZ DEL SUR	Lima Sur	PUENTE	A21	MD	400

Nombre Empresa	Nombre Sistema	Centro de Transformación	Alimentador	Estrato	Densidad de Carga Lineal (kW/km)
EDELNOR	Lima Norte	TACNA	T06	MD	399
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M14	MD	399
EDELNOR	Lima Norte	TOMAS VALLE	TV03	MD	393
EDELNOR	Lima Norte	CHAVARRIA	CH16	MD	391
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LURIN	L22	MD	391
EDELNOR	Lima Norte	CHAVARRIA	CH21	MD	388
EDELNOR	Lima Norte	SANTA MARINA	F06	MD	388
LUZ DEL SUR	Lima Sur	BALNEARIOS	Z10	MD	382
EDELNOR	Lima Norte	CHAVARRIA	CH10	MD	381
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SANTA CLARA	SC13	MD	380
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G05	MD	377
EDELNOR	Lima Norte	MARANGA	MA03	MD	376
EDELNOR	Lima Norte	TACNA	T01	MD	372
EDELNOR	Lima Norte	TOMAS VALLE	TV15	MD	371
EDELNOR	Lima Norte	SANTA MARINA	F07	MD	370
EDELNOR	Lima Norte	MARANGA	MA10	MD	370
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M26	MD	368
LUZ DEL SUR	Lima Sur	NAÑA	NA01	MD	366
LUZ DEL SUR	Lima Sur	VILLA MARIA	VM12	MD	365
EDELNOR	Lima Norte	TACNA	T22	MD	365
EDELNOR	Lima Norte	TOMAS VALLE	TV13	MD	365
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M12	MD	364
EDELNOR	Lima Norte	PANDO	PA03	MD	363
EDELNOR	Lima Norte	PANDO	PA11	MD	363
EDELNOR	Lima Norte	PERSHING	Q14	MD	361
EDELNOR	Lima Norte	INDUSTRIAL	ID05	MD	361
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P15	MD	360
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SANTA ANITA	ST13	MD	360
LUZ DEL SUR	Lima Sur	BARRANCO	B11	MD	360
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M21	MD	359
EDELNOR	Lima Norte	NARANJAL	NJ11	MD	358
EDELNOR	Lima Norte	BARSI	K02	MD	352
EDELNOR	Lima Norte	INFANTAS	I02	MD	352
EDELNOR	Lima Norte	BARSI	K07	MD	349
EDELNOR	Lima Norte	CHAVARRIA	CH17	MD	349
EDELNOR	Lima Norte	MARANGA	MA06	MD	348
EDELNOR	Lima Norte	TACNA	T15	MD	347
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P31	MD	347
EDELNOR	Lima Norte	TOMAS VALLE	TV16	MD	346
LUZ DEL SUR	Lima Sur	MONTEERRICO	MO22	MD	345
EDELNOR	Lima Norte	TOMAS VALLE	TV02	MD	343
EDELNOR	Lima Norte	CHAVARRIA	CH23	MD	343
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G08	MD	341
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN JUAN	SJ04	MD	341
LUZ DEL SUR	Lima Sur	CHORRILLOS	CH06	MD	340
EDELNOR	Lima Norte	CHAVARRIA	CH20	MD	339
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LA PLANICIE	PL05	MD	339
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SALAMANCA	SL08	MD	333
EDELNOR	Lima Norte	TOMAS VALLE	TV17	MD	332
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M05	MD	332
EDELNOR	Lima Norte	MARANGA	MA08	MD	331
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SANTA ANITA	ST14	MD	327
LUZ DEL SUR	Lima Sur	MONTEERRICO	MO11	MD	327
EDELNOR	Lima Norte	TOMAS VALLE	TV01	MD	327
LUZ DEL SUR	Lima Sur	PUENTE	A05	MD	326
EDELNOR	Lima Norte	TOMAS VALLE	TV08	MD	324
EDELNOR	Lima Norte	BARSI	K24	MD	323
EDELNOR	Lima Norte	BARSI	K03	MD	323
EDELNOR	Lima Norte	BARSI	K21	MD	321
LUZ DEL SUR	Lima Sur	BALNEARIOS	Z14	MD	321
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SANTA CLARA	SC10	MD	320
LUZ DEL SUR	Lima Sur	MONTEERRICO	MO13	MD	319
LUZ DEL SUR	Lima Sur	CHOSICA	SR02	MD	317
EDELNOR	Lima Norte	INFANTAS	I19	MD	316
LUZ DEL SUR	Lima Sur	BALNEARIOS	Z16	MD	311
EDELNOR	Lima Norte	CHAVARRIA	CH12	MD	311
EDELNOR	Lima Norte	PUENTE PIEDRA	PP05	MD	310
EDELNOR	Lima Norte	TACNA	T21	MD	304
LUZ DEL SUR	Lima Sur	CHORRILLOS	CH05	MD	301
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G19	MD	301
EDELNOR	Lima Norte	TACNA	T05	MD	299
EDELNOR	Lima Norte	TACNA	T12	MD	298
EDELNOR	Lima Norte	TOMAS VALLE	TV09	MD	298
LUZ DEL SUR	Lima Sur	BARRANCO	B06	MD	298
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M23	MD	296

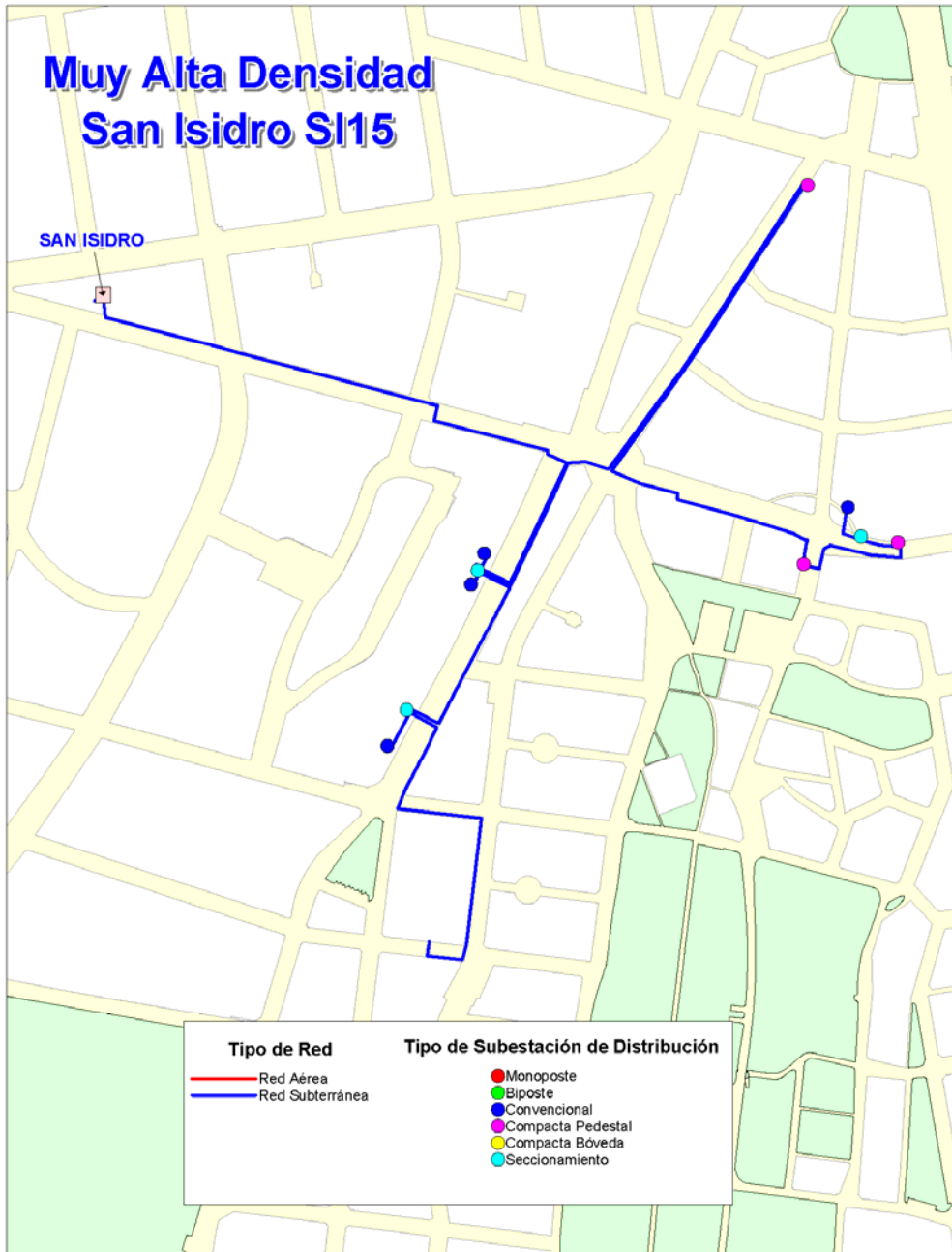
Nombre Empresa	Nombre Sistema	Centro de Transformación	Alimentador	Estrato	Densidad de Carga Lineal (kW/km)
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M15	MD	295
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P32	MD	295
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LA PLANICIE	PL04	MD	292
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M11	MD	290
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P28	MD	288
EDELNOR	Lima Norte	TACNA	T23	MD	286
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P07	MD	286
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SANTA ANITA	ST11	MD	285
EDELNOR	Lima Norte	PANDO	PA15	MD	285
EDELNOR	Lima Norte	MARANGA	MA04	MD	284
LUZ DEL SUR	Lima Sur	BARRANCO	B12	MD	284
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M13	MD	283
EDELNOR	Lima Norte	BARSI	K12	MD	283
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P13	MD	282
EDELNOR	Lima Norte	CANTO GRANDE	CG03	MD	280
EDELNOR	Lima Norte	TACNA	T25	MD	277
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P34	MD	275
EDELNOR	Lima Norte	INDUSTRIAL	ID03	MD	275
LUZ DEL SUR	Lima Sur	VILLA EL SALVADOR	SA20	MD	272
EDELNOR	Lima Norte	CHAVARRIA	CH24	MD	271
LUZ DEL SUR	Lima Sur	PUENTE	A20	MD	270
EDELNOR	Lima Norte	CHAVARRIA	CH18	MD	268
EDELNOR	Lima Norte	BARSI	K15	MD	267
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SANTA ANITA	ST21	MD	267
LUZ DEL SUR	Lima Sur	PUENTE	A06	MD	266
LUZ DEL SUR	Lima Sur	CHORRILLOS	CH04	MD	266
EDELNOR	Lima Norte	BARSI	K09	MD	265
LUZ DEL SUR	Lima Sur	PUENTE	A08	MD	264
EDELNOR	Lima Norte	CANTO GRANDE	CG12	MD	263
EDELNOR	Lima Norte	PERSHING	Q17	MD	262
EDELNOR	Lima Norte	OQUENDO	O03	MD	262
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LAS PRADERAS	PR11	MD	261
EDELNOR	Lima Norte	SANTA MARINA	F11	MD	261
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LA PLANICIE	PL01	MD	261
LUZ DEL SUR	Lima Sur	VILLA MARIA	VM10	MD	260
EDELNOR	Lima Norte	SANTA MARINA	F14	MD	260
EDELNOR	Lima Norte	CANTO GRANDE	CG08	MD	260
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SALAMANCA	SL14	MD	259
LUZ DEL SUR	Lima Sur	BALNEARIOS	Z11	MD	258
LUZ DEL SUR	Lima Sur	VILLA EL SALVADOR	SA17	MD	256
EDELNOR	Lima Norte	TACNA	T11	MD	256
LUZ DEL SUR	Lima Sur	BALNEARIOS	Z08	MD	255
LUZ DEL SUR	Lima Sur	CHORRILLOS	CH21	MD	255
LUZ DEL SUR	Lima Sur	HUACHIPA	HP07	MD	254
EDELNOR	Lima Norte	SANTA MARINA	F19	MD	253
EDELNOR	Lima Norte	CHAVARRIA	CH13	MD	252
LUZ DEL SUR	Lima Sur	VILLA MARIA	VM05	MD	250
LUZ DEL SUR	Lima Sur	HUACHIPA	HP06	BD	249
EDELNOR	Lima Norte	INFANTAS	I07	BD	248
EDELNOR	Lima Norte	NARANJAL	NJ04	BD	248
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M18	BD	248
EDELNOR	Lima Norte	INFANTAS	I16	BD	247
LUZ DEL SUR	Lima Sur	VILLA EL SALVADOR	SA14	BD	246
LUZ DEL SUR	Lima Sur	CHORRILLOS	CH01	BD	246
EDELNOR	Lima Norte	SANTA MARINA	F18	BD	244
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN JUAN	SJ03	BD	244
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN JUAN	SJ05	BD	240
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SALAMANCA	SL04	BD	235
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P21	BD	234
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LA PLANICIE	PL06	BD	233
EDELNOR	Lima Norte	INFANTAS	I13	BD	232
LUZ DEL SUR	Lima Sur	VILLA EL SALVADOR	SA15	BD	231
EDELNOR	Lima Norte	INFANTAS	I14	BD	228
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN JUAN	SJ02	BD	227
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G18	BD	226
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LA PLANICIE	PL03	BD	226
EDELNOR	Lima Norte	OQUENDO	O05	BD	225
EDELNOR	Lima Norte	CHAVARRIA	CH11	BD	224
LUZ DEL SUR	Lima Sur	CHORRILLOS	CH03	BD	220
LUZ DEL SUR	Lima Sur	HUACHIPA	HP03	BD	220
EDELNOR	Lima Norte	SANTA MARINA	F16	BD	220
LUZ DEL SUR	Lima Sur	GALVEZ	G03	BD	219
EDELNOR	Lima Norte	INFANTAS	I04	BD	217
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P33	BD	217
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M25	BD	215

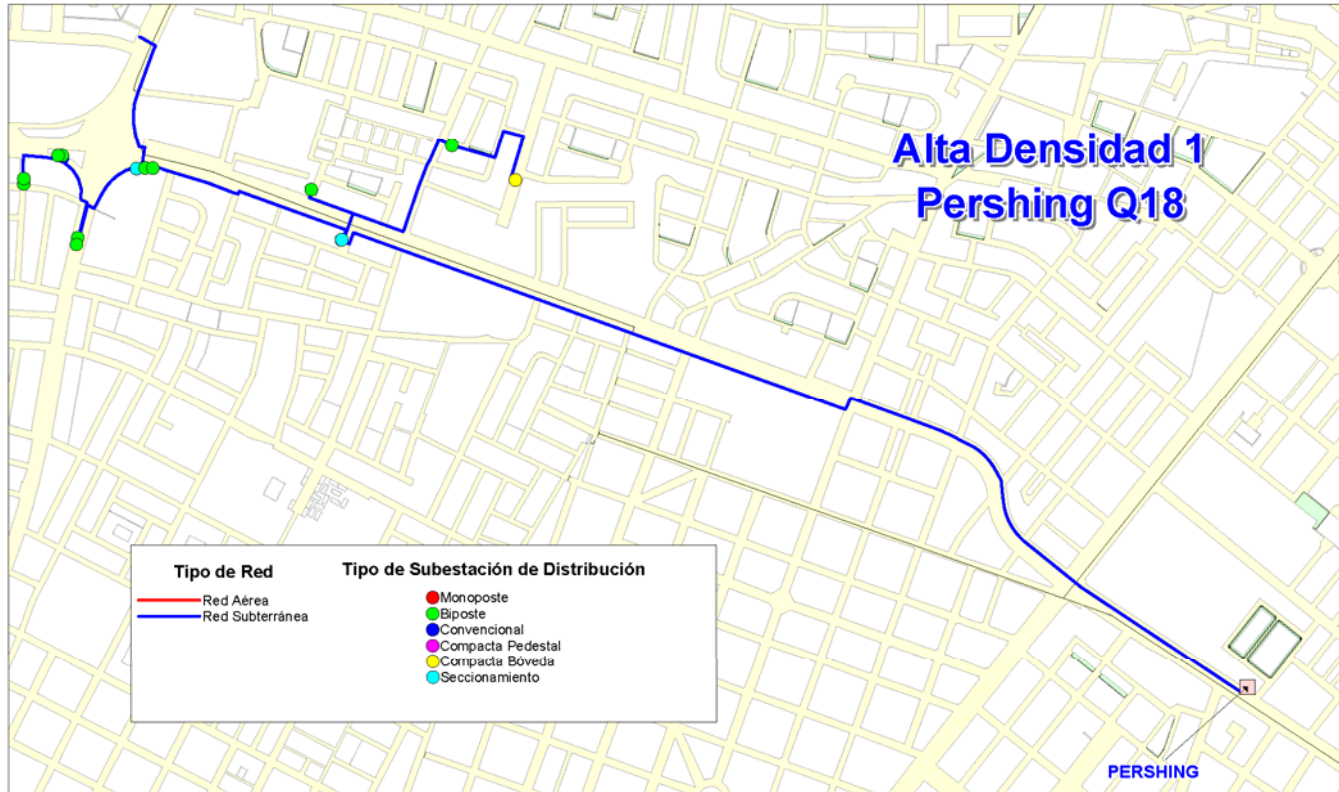
Nombre Empresa	Nombre Sistema	Centro de Transformación	Alimentador	Estrato	Densidad de Carga Lineal (kW/km)
EDELNOR	Lima Norte	CHAVARRIA	CH05	BD	213
EDELNOR	Lima Norte	SANTA MARINA	F04	BD	212
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SANTA ANITA	ST12	BD	212
EDELNOR	Lima Norte	SANTA MARINA	F17	BD	211
EDELNOR	Lima Norte	SANTA MARINA	F03	BD	211
EDELNOR	Lima Norte	BARSI	K11	BD	209
LUZ DEL SUR	Lima Sur	BARRANCO	B13	BD	208
EDELNOR	Lima Norte	INFANTAS	I11	BD	206
LUZ DEL SUR	Lima Sur	VILLA MARIA	VM14	BD	205
EDELNOR	Lima Norte	CANTO GRANDE	CG10	BD	204
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P19	BD	203
EDELNOR	Lima Norte	JICAMARCA	J07	BD	201
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P18	BD	201
EDELNOR	Lima Norte	VENTANILLA	V05	BD	201
EDELNOR	Lima Norte	TACNA	T08	BD	200
EDELNOR	Lima Norte	CAUDIVILLA	CV09	BD	200
EDELNOR	Lima Norte	INFANTAS	I18	BD	199
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SANTA CLARA	SC20	BD	198
EDELNOR	Lima Norte	NARANJAL	NJ10	BD	196
EDELNOR	Lima Norte	TOMAS VALLE	TV14	BD	194
LUZ DEL SUR	Lima Sur	BUJAMA	BJ21	BD	192
EDELNOR	Lima Norte	SANTA MARINA	F09	BD	191
EDELNOR	Lima Norte	NARANJAL	NJ01	BD	189
EDELNOR	Lima Norte	SANTA MARINA	F01	BD	189
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN JUAN	SJ06	BD	189
EDELNOR	Lima Norte	BARSI	K13	BD	189
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LA PLANICIE	PL07	BD	187
EDELNOR	Lima Norte	NARANJAL	NJ03	BD	185
EDELNOR	Lima Norte	CANTO GRANDE	CG09	BD	184
EDELNOR	Lima Norte	SANTA MARINA	F08	BD	184
EDELNOR	Lima Norte	CANTO GRANDE	CG04	BD	183
LUZ DEL SUR	Lima Sur	HUACHIPA	HP04	BD	183
LUZ DEL SUR	Lima Sur	VILLA MARIA	VM07	BD	183
EDELNOR	Lima Norte	INFANTAS	I03	BD	183
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LA PLANICIE	PL02	BD	182
LUZ DEL SUR	Lima Sur	PACHACAMAC	PA03	BD	182
LUZ DEL SUR	Lima Sur	HUACHIPA	HP01	BD	179
EDELNOR	Lima Norte	CAUDIVILLA	CV03	BD	179
EDELNOR	Lima Norte	CAUDIVILLA	CV06	BD	179
LUZ DEL SUR	Lima Sur	VILLA MARIA	VM15	BD	178
EDELNOR	Lima Norte	CANTO GRANDE	CG11	BD	177
LUZ DEL SUR	Lima Sur	VILLA EL SALVADOR	SA18	BD	174
LUZ DEL SUR	Lima Sur	PACHACAMAC	PA04	BD	174
LUZ DEL SUR	Lima Sur	CHOSICA	SR09	BD	171
LUZ DEL SUR	Lima Sur	VILLA MARIA	VM02	BD	170
EDELNOR	Lima Norte	OQUENDO	O10	BD	169
EDELNOR	Lima Norte	CANTO GRANDE	CG06	BD	168
LUZ DEL SUR	Lima Sur	VILLA EL SALVADOR	SA16	BD	167
EDELNOR	Lima Norte	CHAVARRIA	CH01	BD	167
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P26	BD	166
LUZ DEL SUR	Lima Sur	CHOSICA	SR05	BD	162
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LURIN	L04	BD	161
LUZ DEL SUR	Lima Sur	VILLA MARIA	VM13	BD	160
EDELNOR	Lima Norte	PUENTE PIEDRA	PP06	BD	158
EDELNOR	Lima Norte	CANTO GRANDE	CG02	BD	156
EDELNOR	Lima Norte	SANTA ROSA	P25	BD	156
EDELNOR	Lima Norte	VENTANILLA	V06	BD	156
EDELNOR	Lima Norte	CAUDIVILLA	CV02	BD	155
EDELNOR	Lima Norte	OQUENDO	O07	BD	155
LUZ DEL SUR	Lima Sur	PACHACAMAC	PA06	BD	154
EDELNOR	Lima Norte	OQUENDO	O09	BD	154
LUZ DEL SUR	Lima Sur	CHORRILLOS	CH02	BD	152
EDELNOR	Lima Norte	NARANJAL	NJ07	BD	152
LUZ DEL SUR	Lima Sur	NAÑA	NA06	BD	152
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M20	BD	151
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SANTA CLARA	SC11	BD	151
LUZ DEL SUR	Lima Sur	NAÑA	NA04	BD	150
EDELNOR	Lima Norte	CHAVARRIA	CH07	BD	146
EDELNOR	Lima Norte	INFANTAS	I15	BD	146
EDELNOR	Lima Norte	VENTANILLA	V07	BD	146
EDELNOR	Lima Norte	ANCON	N05	BD	144
EDELNOR	Lima Norte	JICAMARCA	J05	BD	143
LUZ DEL SUR	Lima Sur	VILLA EL SALVADOR	SA12	BD	142
EDELNOR	Lima Norte	ANCON	N02	BD	142
EDELNOR	Lima Norte	JICAMARCA	J06	BD	141

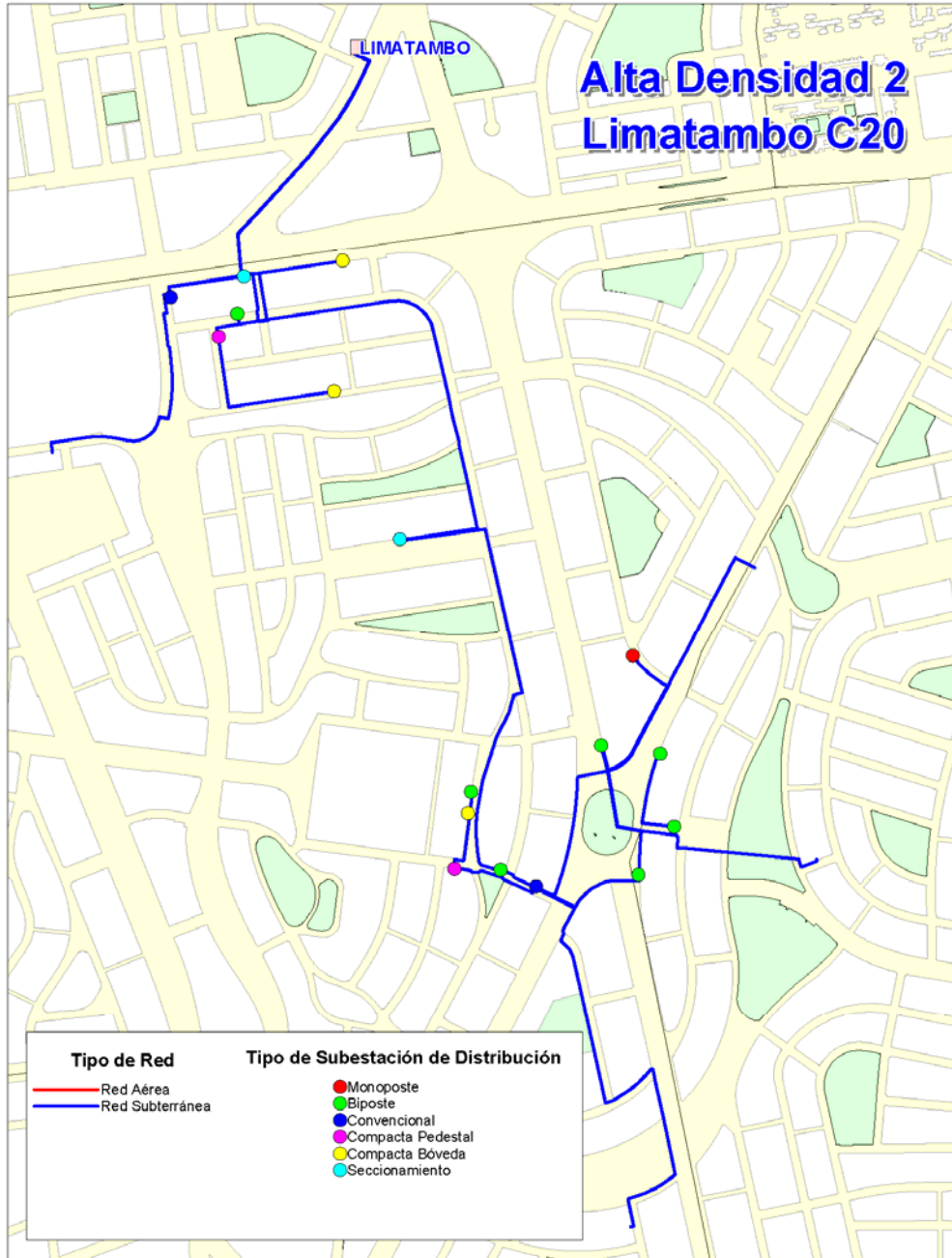
Nombre Empresa	Nombre Sistema	Centro de Transformación	Alimentador	Estrato	Densidad de Carga Lineal (kW/km)
LUZ DEL SUR	Lima Sur	VILLA EL SALVADOR	SA19	BD	135
LUZ DEL SUR	Lima Sur	PACHACAMAC	PA05	BD	135
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LURIN	L05	BD	134
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M17	BD	132
EDELNOR	Lima Norte	CAUDIVILLA	CV05	BD	131
EDELNOR	Lima Norte	INFANTAS	I17	BD	131
LUZ DEL SUR	Lima Sur	CHOSICA	SR01	BD	131
EDELNOR	Lima Norte	CAUDIVILLA	CV01	BD	131
EDELNOR	Lima Norte	CAUDIVILLA	CV07	BD	129
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LURIN	L03	BD	128
EDELNOR	Lima Norte	PUENTE PIEDRA	PP04	BD	127
EDELNOR	Lima Norte	MIRONES	M24	BD	126
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LURIN	L01	BD	124
EDELNOR	Lima Norte	VENTANILLA	V04	BD	117
LUZ DEL SUR	Lima Sur	VILLA EL SALVADOR	SA13	BD	117
LUZ DEL SUR	Lima Sur	NAÑA	NA05	BD	115
EDELNOR	Lima Norte	CAUDIVILLA	CV04	BD	114
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LAS PRADERAS	PR12	BD	101
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN JUAN	SJ01	BD	94
EDELNOR	Lima Norte	OQUENDO	O06	BD	90
LUZ DEL SUR	Lima Sur	CHOSICA	SR03	BD	87
EDELNOR	Lima Norte	ZAPALLAL	W02	BD	86
EDELNOR	Lima Norte	ANCON	N04	BD	85
EDELNOR	Lima Norte	ZAPALLAL	W05	BD	82
EDELNOR	Lima Norte	ZAPALLAL	W04	BD	81
LUZ DEL SUR	Lima Sur	HUACHIPA	HP02	BD	81
LUZ DEL SUR	Lima Sur	NAÑA	NA03	BD	79
EDELNOR	Lima Norte	BARSI	K23	BD	74
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN MATEO	SM11	BD	72
LUZ DEL SUR	Lima Sur	BUJAMA	BJ01	BD	68
EDELNOR	Lima Norte	PUENTE PIEDRA	PP02	BD	66
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LURIN	L06	BD	65
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LURIN	L02	BD	63
LUZ DEL SUR	Lima Sur	NAÑA	NA02	BD	61
LUZ DEL SUR	Lima Sur	BUJAMA	BJ22	BD	60
EDELNOR	Lima Norte	CAUDIVILLA	CV08	BD	59
EDELNOR	Lima Norte	ZAPALLAL	W03	BD	58
EDELNOR	Lima Norte	SANTA MARINA	F12	BD	56
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SANTA ANITA	ST24	BD	56
EDELNOR	Lima Norte	ANCON	N01	BD	52
EDELNOR	Lima Norte	PUENTE PIEDRA	PP10	BD	50
EDELNOR	Lima Norte	ANCON	N06	BD	49
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN BARTOLO	S02	BD	44
LUZ DEL SUR	Lima Sur	BUJAMA	BJ02	BD	43
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN BARTOLO	S05	BD	43
EDELNOR	Lima Norte	BARSI	K19	BD	42
LUZ DEL SUR	Lima Sur	LA PLANICIE	PL08	BD	42
EDELNOR	Lima Norte	VENTANILLA	V02	BD	42
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN BARTOLO	S01	BD	41
LUZ DEL SUR	Lima Sur	HUACHIPA	HP08	BD	39
EDELNOR	Lima Norte	JICAMARCA	J03	BD	32
LUZ DEL SUR	Lima Sur	BUJAMA	BJ03	BD	27
LUZ DEL SUR	Lima Sur	INGENIEROS	IG22	BD	26
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SANTA CLARA	SC21	BD	22
EDELNOR	Lima Norte	PERSHING	Q20	BD	14
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SAN BARTOLO	S04	BD	11
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SURCO	SU01	BD	10
LUZ DEL SUR	Lima Sur	BARBABLANCA	BB02	BD	10
LUZ DEL SUR	Lima Sur	SURCO	SU03	BD	7
LUZ DEL SUR	Lima Sur	CHOSICA	SR08	BD	7
LUZ DEL SUR	Lima Sur	BARBABLANCA	BB01	BD	5
EDELNOR	Lima Norte	NARANJAL	NJ02	BD	5
EDELNOR	Lima Norte	OQUENDO	O04	BD	3
EDELNOR	Lima Norte	CHAVARRIA	CH03	BD	1
EDELNOR	Lima Norte	CHAVARRIA	CH04	BD	1

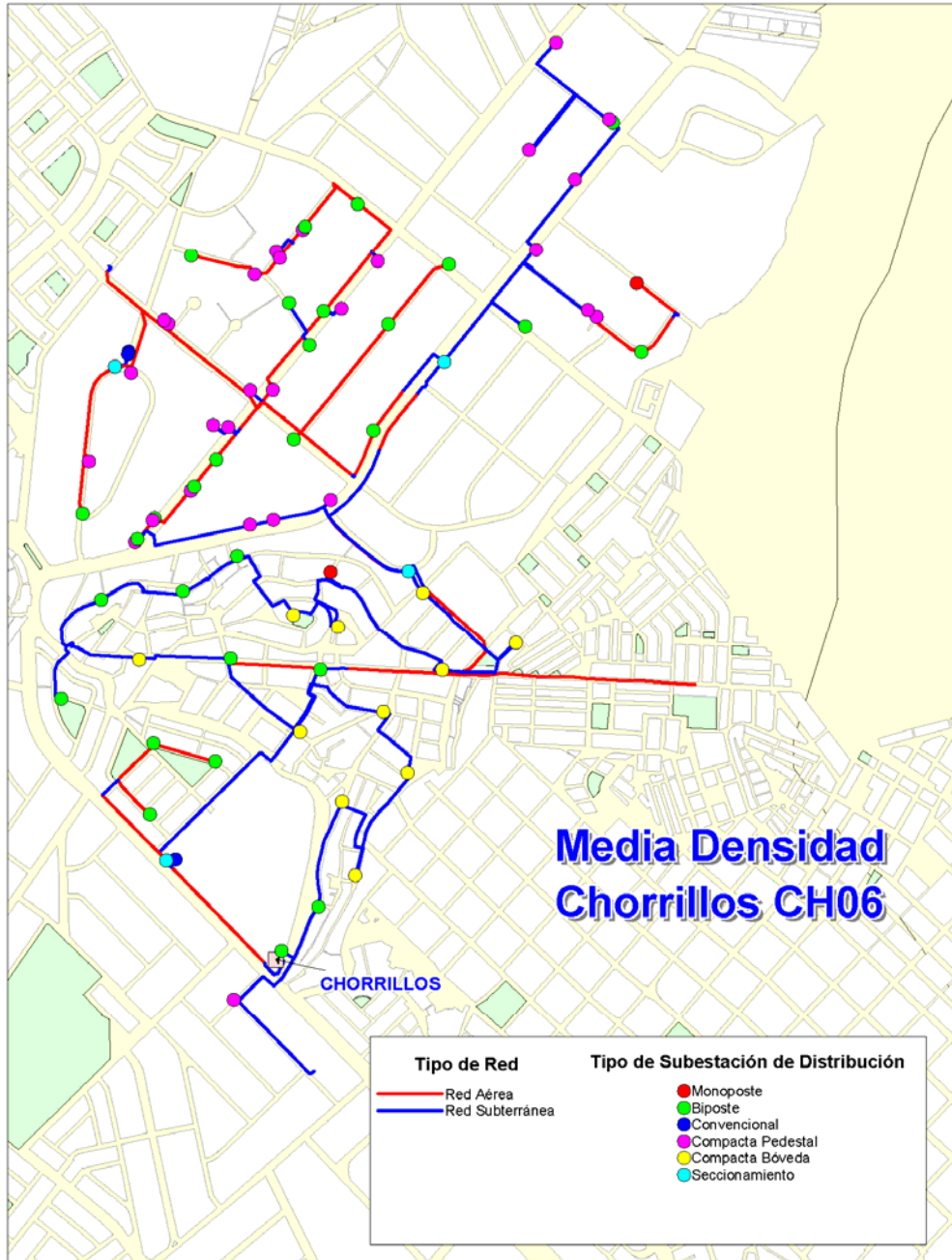
6.3 Anexo N° 3: Mapas de los Alimentadores Representativos

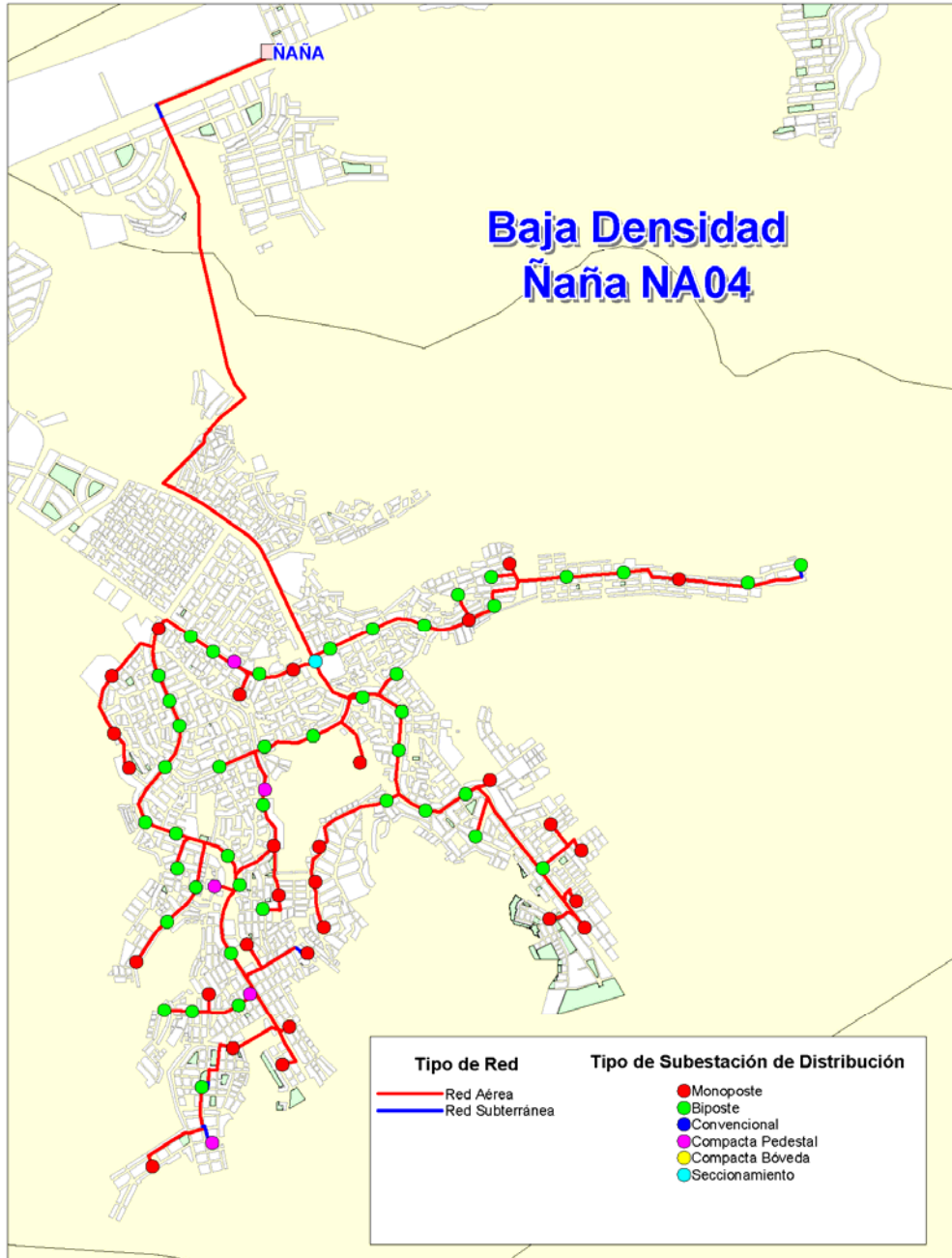
Muy Alta Densidad San Isidro SI15











6.4 Anexo N° 4: Opciones de Mejora de la Confiabilidad

6.4.1 Alimentadores Subterráneos

Opción	Equipamiento	Troncal				Laterales	Alimentación Alternativa	
		SBC	INT	SEL	TSE	SBC-F	Manual	Automática
A01	Sin equipos. Sin alimentaciones alternativas.	---	---	---	---	---	---	---
A02	Seccionadores bajo carga (troncal) y seccionadores bajo carga con fusible limitador (laterales). Sin alimentaciones alternativas.	X	---	---	---	X	---	---
A03	Seccionadores bajo carga (troncal), seccionadores bajo carga con fusible limitador (laterales) y señalizadores de cortocircuito. Sin alimentaciones alternativas.	X	---	X	---	X	---	---
A04	Seccionadores bajo carga (troncal), seccionadores bajo carga con fusible limitador (laterales) y teleseñalizadores de cortocircuito. Sin alimentaciones alternativas.	X	---	---	X	X	---	---
A05	Seccionadores bajo carga (troncal), seccionadores bajo carga con fusible limitador (laterales) y alimentaciones alternativas manuales.	X	---	---	---	X	X	---
A06	Seccionadores bajo carga (troncal), seccionadores bajo carga con fusible limitador (laterales), señalizadores de cortocircuito y alimentaciones alternativas manuales.	X	---	X	---	X	X	---
A07	Seccionadores bajo carga (troncal), seccionadores bajo carga con fusible limitador (laterales), teleseñalizadores de cortocircuito y alimentaciones alternativas manuales.	X	---	---	X	X	X	---
A08	Interruptores (troncal) y seccionadores bajo carga con fusible limitador (laterales). Sin alimentaciones alternativas.	---	X	---	---	X	---	---
A09	Interruptores (troncal), seccionadores bajo carga con fusible limitador (laterales) y alimentaciones alternativas manuales.	---	X	---	---	X	X	---
A10	Interruptores (troncal), seccionadores bajo carga con fusible limitador (laterales) y alimentaciones alternativas automáticas.	---	X	---	---	X	---	X

6.4.2 Alimentadores Aéreos

Opción	Equipamiento	Troncal					Laterales	Alimentación Alternativa	
		SEC	SCC	REC	SEL	TSE	SEC-F	Manual	Automática
A01	Sin equipos. Sin alimentaciones alternativas.	---	---	---	---	---	---	---	---
A02	Seccionadores (troncal) y seccionadores fusible (laterales). Sin alimentaciones alternativas.	X	---	---	---	---	X	---	---
A03	Seccionadores (troncal), seccionadores fusible (laterales) y señalizadores de cortocircuito. Sin alimentaciones alternativas.	X	---	---	X	---	X	---	---
A04	Seccionadores (troncal), seccionadores fusible (laterales) y teleseñalizadores de cortocircuito. Sin alimentaciones alternativas.	X	---	---	---	X	X	---	---
A05	Seccionadores (troncal), seccionadores fusible (laterales) y alimentaciones alternativas manuales.	X	---	---	---	---	X	X	---
A06	Seccionadores (troncal), seccionadores fusible (laterales), señalizadores de cortocircuito y alimentaciones alternativas manuales.	X	---	---	X	---	X	X	---
A07	Seccionadores (troncal), seccionadores fusible (laterales), teleseñalizadores de cortocircuito y alimentaciones alternativas manuales.	X	---	---	---	X	X	X	---
A08	Seccionalizadores y seccionadores (troncal) y seccionadores fusible (laterales). Sin alimentaciones alternativas.	X	X	---	---	---	X	---	---
A09	Seccionalizadores y seccionadores (troncal), seccionadores fusible (laterales) y señalizadores de cortocircuito. Sin alimentaciones alternativas.	X	X	---	X	---	X	---	---
A10	Seccionalizadores y seccionadores (troncal), seccionadores fusible (laterales) y teleseñalizadores de cortocircuito. Sin alimentaciones alternativas.	X	X	---	---	X	X	---	---

Opción	Equipamiento	Troncal					Laterales	Alimentación Alternativa	
		SEC	SCC	REC	SEL	TSE	SEC-F	Manual	Automática
A11	Seccionalizadores y seccionadores (troncal), seccionadores fusible (laterales) y alimentaciones alternativas manuales.	X	X	---	---	---	X	X	---
A12	Seccionalizadores y seccionadores (troncal), seccionadores fusible (laterales), señalizadores de cortocircuito y alimentaciones alternativas manuales.	X	X	---	X	---	X	X	---
A13	Seccionalizadores y seccionadores (troncal), seccionadores fusible (laterales), teleseñalizadores de cortocircuito y alimentaciones alternativas manuales.	X	X	---	---	X	X	X	---
A14	Reconectores, seccionalizadores y seccionadores (troncal) y seccionadores fusible (laterales). Sin alimentaciones alternativas.	X	X	X	---	---	X	---	---
A15	Reconectores, seccionalizadores y seccionadores (troncal), seccionadores fusible (laterales) y alimentaciones alternativas manuales.	X	X	X	---	---	X	X	---
A16	Reconectores, seccionalizadores y seccionadores (troncal), seccionadores fusible (laterales) y alimentaciones alternativas automáticas.	X	X	X	---	---	X	---	X

6.4.3 Alimentadores Mixtos

Opción	Equipamiento	Troncal							Laterales		Alimentación Alternativa	
		SEC	SCC	REC	SBC	INT	SEL	TSE	SEC-F	SBC-F	Manual	Automática
A01	Sin equipos. Sin alimentaciones alternativas.	---	---	---			---	---	---	---	---	---
A02	Seccionadores bajo carga (troncal subterránea), seccionadores (troncal aérea), seccionadores bajo carga con fusible limitador (laterales subterráneas) y seccionadores fusible (laterales). Sin alimentaciones alternativas.	X	---	---	X	---	---	---	X	X	---	---
A03	Seccionadores bajo carga (troncal subterránea), seccionadores (troncal aérea), seccionadores bajo carga con fusible limitador (laterales subterráneas), seccionadores fusible (laterales) y señalizadores de cortocircuito. Sin alimentaciones alternativas.	X	---	---	X	---	X	---	X	X	---	---
A04	Seccionadores bajo carga (troncal subterránea), seccionadores (troncal aérea), seccionadores bajo carga con fusible limitador (laterales subterráneas), seccionadores fusible (laterales) y teleseñalizadores de cortocircuito. Sin alimentaciones alternativas.	X	---	---	X	---	---	X	X	X	---	---
A05	Seccionadores bajo carga (troncal subterránea), seccionadores (troncal aérea), seccionadores bajo carga con fusible limitador (laterales subterráneas), seccionadores fusible (laterales) y alimentaciones alternativas manuales.	X	---	---	X	---	---	---	X	X	X	---
A06	Seccionadores bajo carga (troncal subterránea), seccionadores (troncal aérea), seccionadores bajo carga con fusible limitador (laterales subterráneas), seccionadores fusible (laterales), señalizadores de cortocircuito y alimentaciones alternativas manuales.	X	---	---	X	---	X	---	X	X	X	---

Opción	Equipamiento	Troncal							Laterales		Alimentación Alternativa	
		SEC	SCC	REC	SBC	INT	SEL	TSE	SEC-F	SBC-F	Manual	Automática
A07	Seccionadores bajo carga (troncal subterránea), seccionadores (troncal aérea), seccionadores bajo carga con fusible limitador (laterales subterráneas), seccionadores fusible (laterales), teleseñalizadores de cortocircuito y alimentaciones alternativas manuales.	X	---	---	X	---	---	X	X	X	X	---
A08	Seccionadores bajo carga (troncal subterránea), seccionalizadores y seccionadores (troncal aérea), seccionadores bajo carga con fusible limitador (laterales subterráneas) y seccionadores fusible (laterales). Sin alimentaciones alternativas.	X	X	---	X	---	---	---	X	X	---	---
A09	Seccionadores bajo carga (troncal subterránea), seccionalizadores y seccionadores (troncal aérea), seccionadores bajo carga con fusible limitador (laterales subterráneas), seccionadores fusible (laterales) y señalizadores de cortocircuito. Sin alimentaciones alternativas.	X	X	---	X	---	X	---	X	X	---	---
A10	Seccionadores bajo carga (troncal subterránea), seccionalizadores y seccionadores (troncal aérea), seccionadores bajo carga con fusible limitador (laterales subterráneas), seccionadores fusible (laterales) y teleseñalizadores de cortocircuito. Sin alimentaciones alternativas.	X	X	---	X	---	---	X	X	X	---	---
A11	Seccionadores bajo carga (troncal subterránea), seccionalizadores y seccionadores (troncal aérea), seccionadores bajo carga con fusible limitador (laterales subterráneas), seccionadores fusible (laterales) y alimentaciones alternativas manuales.	X	X	---	X	---	---	---	X	X	X	---
A12	Seccionadores bajo carga (troncal subterránea), seccionalizadores y seccionadores (troncal aérea), seccionadores bajo carga con fusible limitador (laterales subterráneas), seccionadores fusible (laterales), señalizadores de cortocircuito y alimentaciones alternativas manuales.	X	X	---	X	---	X	---	X	X	X	---

Opción	Equipamiento	Troncal							Laterales		Alimentación Alternativa	
		SEC	SCC	REC	SBC	INT	SEL	TSE	SEC-F	SBC-F	Manual	Automática
A13	Seccionadores bajo carga (troncal subterránea), seccionadores y seccionadores (troncal aérea), seccionadores bajo carga con fusible limitador (laterales subterráneas), seccionadores fusible (laterales), teleseñalizadores de cortocircuito y alimentaciones alternativas manuales.	X	X	---	X	---	---	X	X	X	X	---
A14	Interruptores y seccionadores bajo carga (troncal subterránea), reconectadores, seccionadores y seccionadores (troncal aérea), seccionadores bajo carga con fusible limitador (laterales subterráneas) y seccionadores fusible (laterales). Sin alimentaciones alternativas.	X	X	X	X	X	---	---	X	X	---	---
A15	Interruptores y seccionadores bajo carga (troncal subterránea), reconectadores, seccionadores y seccionadores (troncal aérea), seccionadores bajo carga con fusible limitador (laterales subterráneas), seccionadores fusible (laterales) y alimentaciones alternativas manuales.	X	X	X	X	X	---	---	X	X	X	---
A16	Interruptores y seccionadores bajo carga (troncal subterránea), reconectadores, seccionadores y seccionadores (troncal aérea), seccionadores bajo carga con fusible limitador (laterales subterráneas), seccionadores fusible (laterales) y alimentaciones alternativas automáticas.	X	X	X	X	X	---	---	X	X	---	X

La descripción de los códigos utilizados es la siguiente:

- Señalizadores: Señalizador local (SEL), Telesenalizador (TSE).
- Equipos: Seccionador (SEC), Seccionador fusible (SEC-F), Seccionador bajo carga (SBC), Seccionador bajo carga fusible limitador (SBC-F), Seccionalizador (SCC), Reconectador (REC), Interruptor (INT).
- Alimentaciones alternativas: Manual (AAM), Automática (AAA).

6.5 Anexo N° 5: Parámetros de los Alimentadores Representativos

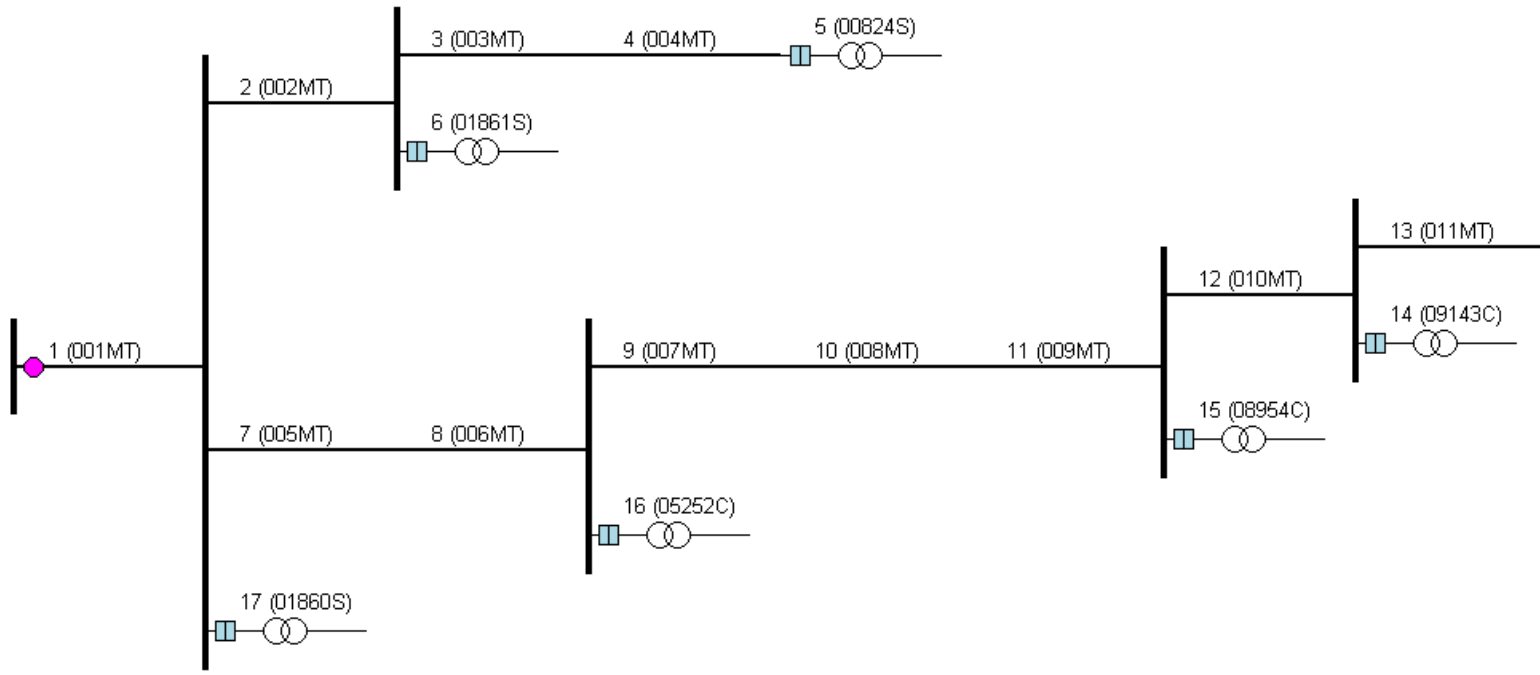
6.5.1 Muy Alta Densidad

Muy Alta Densidad de Carga

Alimentador SI15, Centro de Transformación San Isidro, Lima Sur

Red Subterránea 100% - Red Aérea 0%

Número	Código	Tipo	Longitud (km)	Número de clientes	Demanda media (kW)
1	001MT	mt	0.547	2	252
2	002MT	mt	0.236	1	486
3	003MT	mt	0.250	0	0
4	004MT	mt	0.060	0	0
5	00824S	sed	1.000	128	143
6	01861S	sed	1.000	282	364
7	005MT	mt	0.200	0	0
8	006MT	mt	0.230	0	0
9	007MT	mt	0.230	0	0
10	008MT	mt	0.160	0	0
11	009MT	mt	0.014	0	0
12	010MT	mt	0.118	0	0
13	011MT	mt	0.040	1	89
14	09143C	sed	1.000	52	136
15	08954C	sed	1.000	68	124
16	05252C	sed	1.000	95	83
17	01860S	sed	1.000	250	446



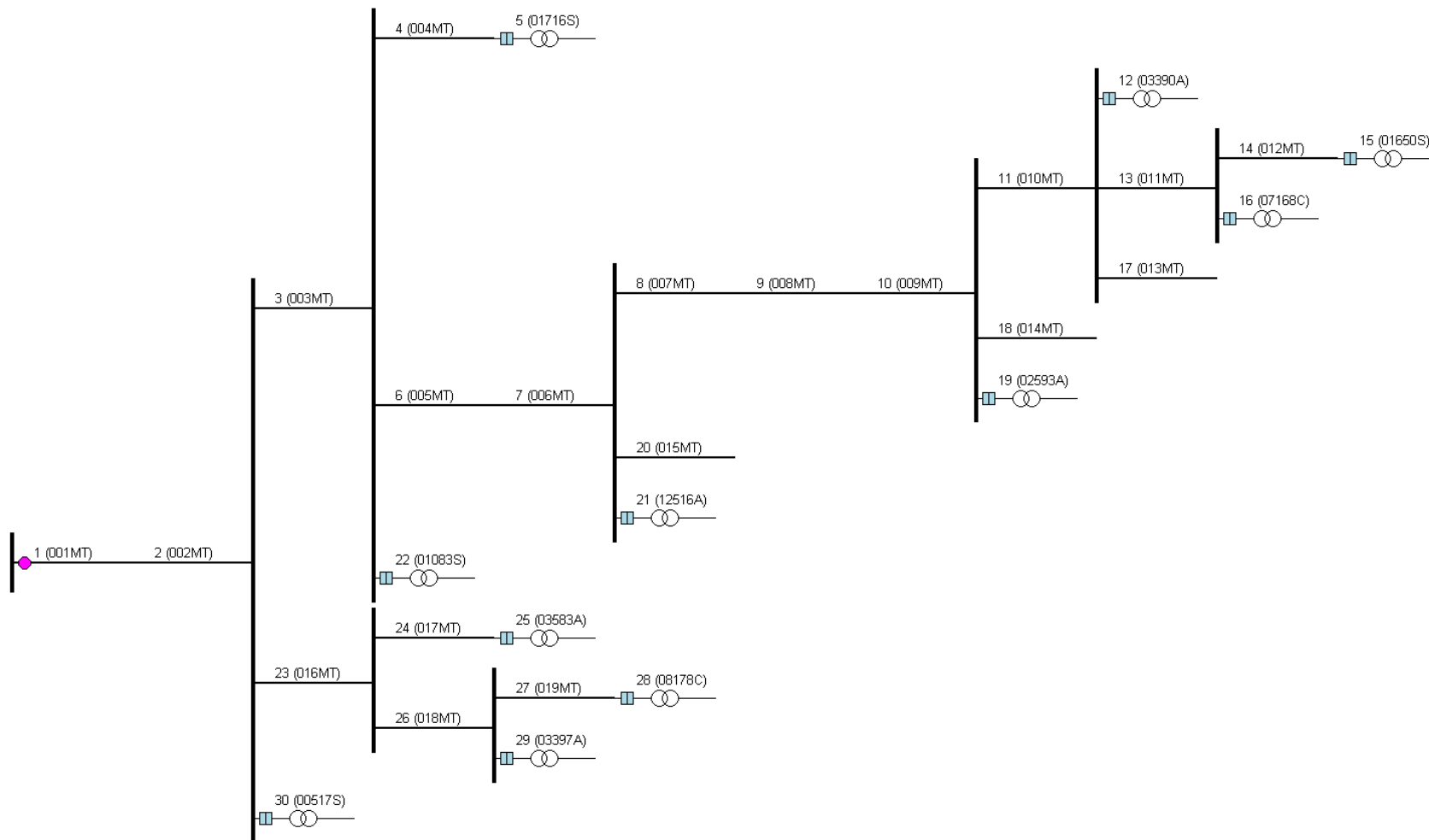
6.5.2 Alta Densidad 1

Alta Densidad de Carga 1

Alimentador Q18, Centro de Transformación Pershing, Lima Norte

Red Subterránea 99% - Red Aérea 1%

Número	Código	Tipo	Longitud (km)	Número de clientes	Demanda media (kW)
1	001MT	mt	0.820	0	0
2	002MT	mt	1.395	0	0
3	003MT	mt	0.494	2	547
4	004MT	mt	0.328	0	0
5	01716S	sed	1.000	101	117
6	005MT	mt	0.148	0	0
7	006MT	mt	0.071	0	0
8	007MT	mt	0.074	0	0
9	008MT	mt	0.021	0	0
10	009MT	mt	0.114	0	0
11	010MT	mt	0.172	0	0
12	03390A	sed	1.000	150	86
13	011MT	mt	0.302	0	0
14	012MT	mt	0.289	0	0
15	01650S	sed	1.000	200	99
16	07168C	sed	1.000	357	125
17	013MT	mt	0.023	1	127
18	014MT	mt	0.021	1	143
19	02593A	sed	1.000	1	0
20	015MT	mt	0.021	1	10
21	12516A	sed	1.000	104	50
22	01083S	sed	1.000	80	223
23	016MT	mt	0.068	0	0
24	017MT	mt	0.119	0	0
25	03583A	sed	1.000	139	72
26	018MT	mt	0.342	0	0
27	019MT	mt	0.301	0	0
28	08178C	sed	1.000	194	80
29	03397A	sed	1.000	263	93
30	00517S	sed	1.000	298	161



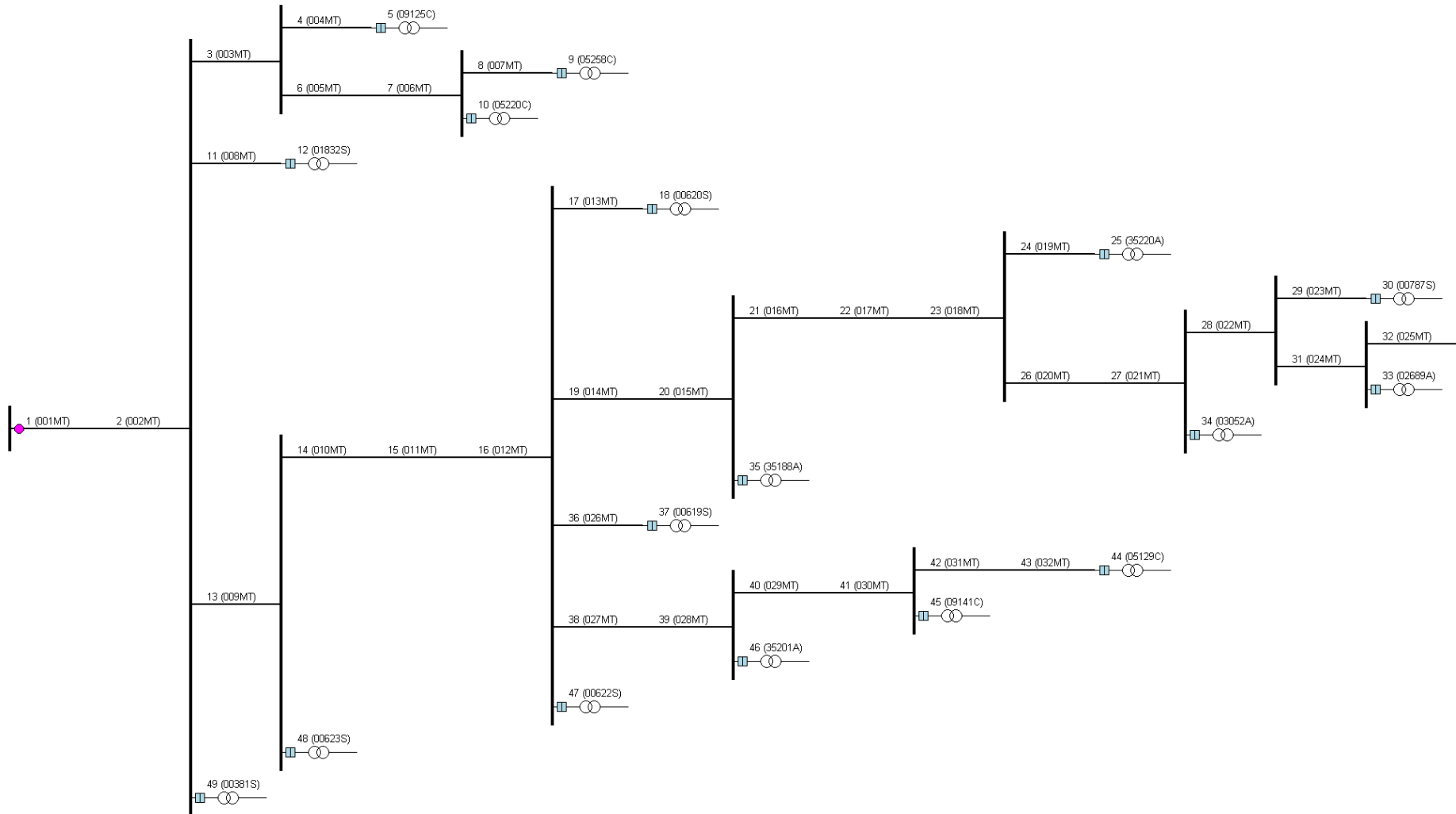
6.5.3 Alta Densidad 2

Alta Densidad de Carga 2

Alimentador C20, Centro de Transformación Limatambo, Lima Sur

Red Subterránea 100% - Red Aérea 0%

Número	Código	Tipo	Longitud (km)	Número de clientes	Demanda media (kW)
1	001MT	mt	0.035	0	0
2	002MT	mt	0.505	1	19
3	003MT	mt	0.030	0	0
4	004MT	mt	0.160	0	0
5	09125C	sed	1.000	111	86
6	005MT	mt	0.170	1	243
7	006MT	mt	0.050	0	0
8	007MT	mt	0.310	0	0
9	05258C	sed	1.000	61	42
10	05220C	sed	1.000	119	90
11	008MT	mt	0.603	0	0
12	01832S	sed	1.000	107	92
13	009MT	mt	0.880	0	0
14	010MT	mt	0.659	0	0
15	011MT	mt	0.015	0	0
16	012MT	mt	0.264	0	0
17	013MT	mt	0.871	0	0
18	00620S	sed	1.000	603	338
19	014MT	mt	0.286	0	0
20	015MT	mt	0.016	0	0
21	016MT	mt	0.015	0	0
22	017MT	mt	0.180	0	0
23	018MT	mt	0.010	0	0
24	019MT	mt	0.246	0	0
25	35220A	sed	1.000	86	48
26	020MT	mt	0.010	0	0
27	021MT	mt	0.034	0	0
28	022MT	mt	0.237	0	0
29	023MT	mt	0.259	0	0
30	00787S	sed	1.000	549	307
31	024MT	mt	0.027	0	0
32	025MT	mt	0.231	1	109
33	02689A	sed	1.000	132	162
34	03052A	sed	1.000	87	149
35	35188A	sed	1.000	24	38
36	026MT	mt	0.781	0	0
37	00619S	sed	1.000	573	375
38	027MT	mt	0.090	0	0
39	028MT	mt	0.025	0	0
40	029MT	mt	0.025	0	0
41	030MT	mt	0.065	0	0
42	031MT	mt	0.120	1	199
43	032MT	mt	0.020	0	0
44	05129C	sed	1.000	40	75
45	09141C	sed	1.000	131	93
46	35201A	sed	1.000	6	42
47	00622S	sed	1.000	457	336
48	00623S	sed	1.000	385	344
49	00381S	sed	1.000	297	410



6.5.4 Media Densidad

Media Densidad de Carga

Alimentador CH06, Centro de Transformación Chorrillos, Lima Sur

Red Subterránea 64% - Red Aérea 36%

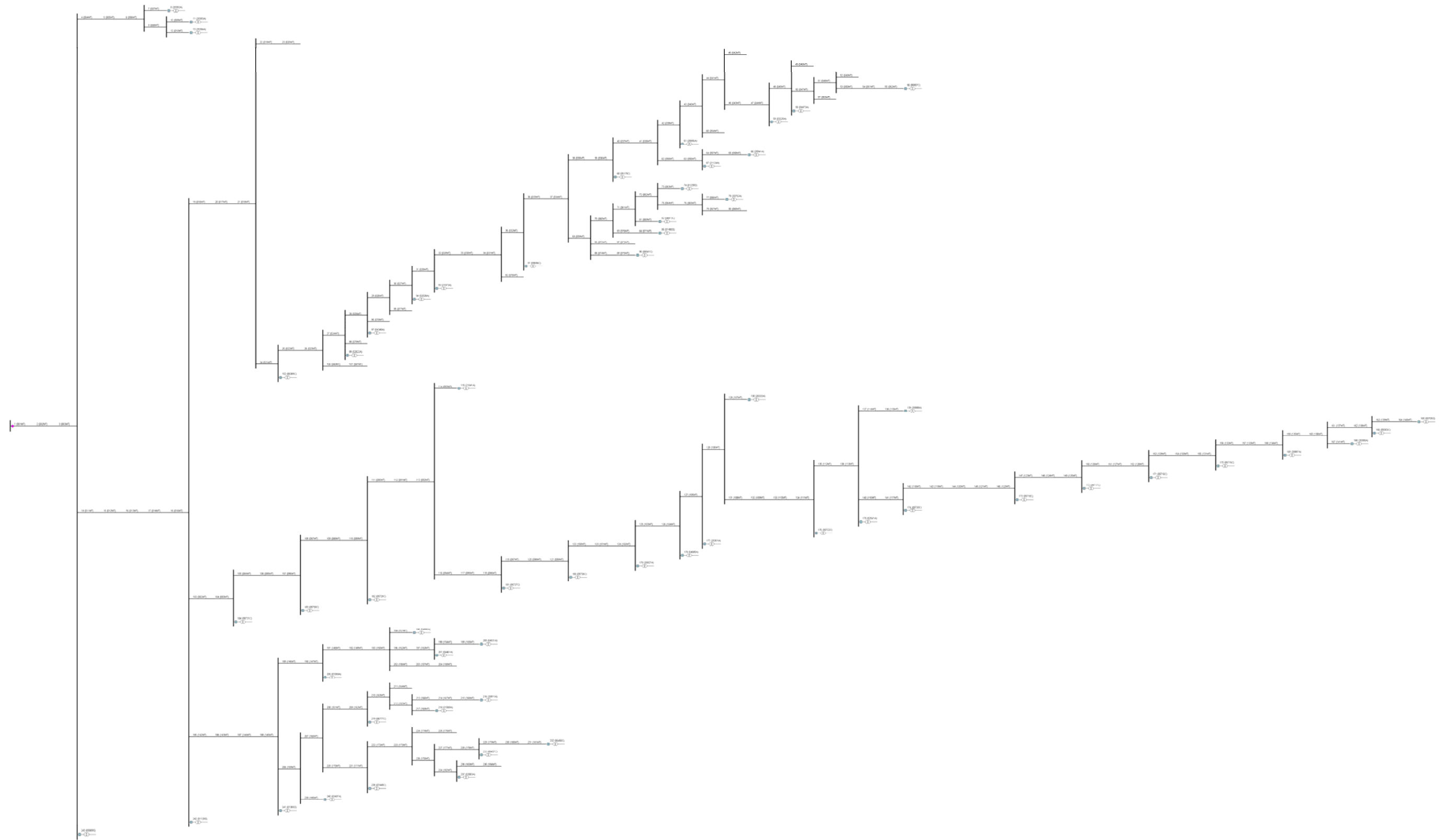
Número	Código	Tipo	Longitud (km)	Número de clientes	Demanda media (kW)
1	001MT	mt	0.102	0	0
2	002MT	mt	0.361	0	0
3	003MT	mt	0.055	1	0
4	004MT	mt	0.030	0	0
5	005MT	mt	0.232	0	0
6	006MT	mt	0.083	0	0
7	007MT	mt	0.119	0	0
8	20392A	sed	1.000	171	40
9	008MT	mt	0.137	0	0
10	009MT	mt	0.005	0	0
11	20393A	sed	1.000	146	40
12	010MT	mt	0.164	0	0
13	20394A	sed	1.000	100	25
14	011MT	mt	0.915	0	0
15	012MT	mt	0.015	0	0
16	013MT	mt	0.301	0	0
17	014MT	mt	0.322	0	0
18	015MT	mt	0.100	0	0
19	016MT	mt	0.100	0	0
20	017MT	mt	0.193	0	0
21	018MT	mt	0.050	0	0
22	019MT	mt	0.020	0	0
23	020MT	mt	0.011	1	431
24	021MT	mt	0.170	0	0
25	022MT	mt	0.010	0	0
26	023MT	mt	0.055	0	0
27	024MT	mt	0.380	0	0
28	025MT	mt	0.070	0	0
29	026MT	mt	0.138	0	0
30	027MT	mt	0.011	0	0
31	028MT	mt	0.092	0	0
32	029MT	mt	0.087	0	0
33	030MT	mt	0.035	0	0
34	031MT	mt	0.020	0	0
35	032MT	mt	0.025	0	0
36	033MT	mt	0.059	0	0
37	034MT	mt	0.072	0	0
38	035MT	mt	0.062	0	0
39	036MT	mt	0.026	0	0
40	037MT	mt	0.021	0	0
41	038MT	mt	0.174	0	0
42	039MT	mt	0.102	0	0
43	040MT	mt	0.007	0	0
44	041MT	mt	0.207	0	0
45	042MT	mt	0.040	1	76
46	043MT	mt	0.078	0	0
47	044MT	mt	0.114	0	0
48	045MT	mt	0.229	0	0
49	046MT	mt	0.002	1	196
50	047MT	mt	0.053	0	0

Número	Código	Tipo	Longitud (km)	Número de clientes	Demanda media (kW)
51	048MT	mt	0.056	0	0
52	049MT	mt	0.002	1	55
53	050MT	mt	0.075	1	43
54	051MT	mt	0.015	0	0
55	052MT	mt	0.008	0	0
56	06907C	sed	1.000	41	31
57	053MT	mt	0.002	1	50
58	04473A	sed	1.000	24	54
59	03225A	sed	1.000	126	42
60	054MT	mt	0.002	1	49
61	20656A	sed	1.000	91	26
62	055MT	mt	0.025	0	0
63	056MT	mt	0.040	0	0
64	057MT	mt	0.035	0	0
65	058MT	mt	0.087	0	0
66	20941A	sed	1.000	17	14
67	21124A	sed	1.000	11	46
68	05178C	sed	1.000	31	95
69	059MT	mt	0.316	0	0
70	060MT	mt	0.098	0	0
71	061MT	mt	0.163	0	0
72	062MT	mt	0.017	0	0
73	063MT	mt	0.045	2	562
74	01239S	sed	1.000	0	0
75	064MT	mt	0.035	0	0
76	065MT	mt	0.258	0	0
77	066MT	mt	0.158	0	0
78	20752A	sed	1.000	22	91
79	067MT	mt	0.010	0	0
80	068MT	mt	0.005	1	1
81	069MT	mt	0.036	0	0
82	06873C	sed	1.000	47	37
83	070MT	mt	0.145	0	0
84	071MT	mt	0.038	0	0
85	01480S	sed	1.000	272	117
86	072MT	mt	0.030	0	0
87	073MT	mt	0.004	1	18
88	074MT	mt	0.010	0	0
89	075MT	mt	0.019	0	0
90	06541C	sed	1.000	81	68
91	08696C	sed	1.000	10	31
92	076MT	mt	0.002	1	156
93	21073A	sed	1.000	4	94
94	02028A	sed	1.000	71	18
95	077MT	mt	0.002	0	0
96	078MT	mt	0.002	1	43
97	04348A	sed	1.000	4	28
98	079MT	mt	0.009	1	324
99	02822A	sed	1.000	95	169
100	080MT	mt	0.015	0	0
101	081MT	mt	0.012	1	1
102	06389C	sed	1.000	96	151
103	082MT	mt	0.102	0	0
104	083MT	mt	0.010	0	0
105	084MT	mt	0.010	0	0
106	085MT	mt	0.345	0	0
107	086MT	mt	0.010	0	0
108	087MT	mt	0.010	0	0
109	088MT	mt	0.240	0	0
110	089MT	mt	0.010	0	0

Número	Código	Tipo	Longitud (km)	Número de clientes	Demanda media (kW)
111	090MT	mt	0.010	0	0
112	091MT	mt	0.415	0	0
113	092MT	mt	0.010	0	0
114	093MT	mt	0.059	0	0
115	21041A	sed	1.000	92	24
116	094MT	mt	0.010	0	0
117	095MT	mt	0.190	0	0
118	096MT	mt	0.010	0	0
119	097MT	mt	0.010	0	0
120	098MT	mt	0.203	0	0
121	099MT	mt	0.010	0	0
122	100MT	mt	0.010	0	0
123	101MT	mt	0.266	0	0
124	102MT	mt	0.038	0	0
125	103MT	mt	0.010	0	0
126	104MT	mt	0.232	0	0
127	105MT	mt	0.284	0	0
128	106MT	mt	0.160	0	0
129	107MT	mt	0.175	0	0
130	20333A	sed	1.000	208	81
131	108MT	mt	0.101	0	0
132	109MT	mt	0.010	0	0
133	110MT	mt	0.104	0	0
134	111MT	mt	0.010	0	0
135	112MT	mt	0.010	0	0
136	113MT	mt	0.284	0	0
137	114MT	mt	0.017	0	0
138	115MT	mt	0.227	0	0
139	20888A	sed	1.000	126	35
140	116MT	mt	0.301	0	0
141	117MT	mt	0.010	0	0
142	118MT	mt	0.010	0	0
143	119MT	mt	0.206	0	0
144	120MT	mt	0.020	0	0
145	121MT	mt	0.173	0	0
146	122MT	mt	0.010	0	0
147	123MT	mt	0.010	0	0
148	124MT	mt	0.214	0	0
149	125MT	mt	0.010	0	0
150	126MT	mt	0.010	0	0
151	127MT	mt	0.334	0	0
152	128MT	mt	0.010	0	0
153	129MT	mt	0.010	0	0
154	130MT	mt	0.267	0	0
155	131MT	mt	0.010	0	0
156	132MT	mt	0.010	0	0
157	133MT	mt	0.282	0	0
158	134MT	mt	0.020	0	0
159	135MT	mt	0.020	0	0
160	136MT	mt	0.170	0	0
161	137MT	mt	0.236	0	0
162	138MT	mt	0.022	0	0
163	139MT	mt	0.026	0	0
164	140MT	mt	0.296	0	0
165	00705S	sed	1.000	221	106
166	08303C	sed	1.000	23	22
167	141MT	mt	0.040	0	0
168	20300A	sed	1.000	1	2
169	20887A	sed	1.000	46	14
170	05715C	sed	1.000	97	29

Número	Código	Tipo	Longitud (km)	Número de clientes	Demanda media (kW)
171	05716C	sed	1.000	120	34
172	05717C	sed	1.000	112	33
173	05718C	sed	1.000	98	26
174	05720C	sed	1.000	125	36
175	02541A	sed	1.000	162	48
176	05722C	sed	1.000	116	41
177	20301A	sed	1.000	116	40
178	04685A	sed	1.000	84	29
179	20927A	sed	1.000	140	45
180	05726C	sed	1.000	84	30
181	05727C	sed	1.000	47	15
182	05729C	sed	1.000	165	45
183	05730C	sed	1.000	84	24
184	05731C	sed	1.000	74	27
185	142MT	mt	0.274	0	0
186	143MT	mt	0.220	0	0
187	144MT	mt	0.180	0	0
188	145MT	mt	0.140	0	0
189	146MT	mt	0.204	0	0
190	147MT	mt	0.130	0	0
191	148MT	mt	0.126	0	0
192	149MT	mt	0.040	0	0
193	150MT	mt	0.178	0	0
194	151MT	mt	0.022	0	0
195	04666A	sed	1.000	48	26
196	152MT	mt	0.129	0	0
197	153MT	mt	0.255	0	0
198	154MT	mt	0.194	0	0
199	155MT	mt	0.035	0	0
200	04531A	sed	1.000	42	36
201	04461A	sed	1.000	53	32
202	156MT	mt	0.061	0	0
203	157MT	mt	0.068	0	0
204	158MT	mt	0.090	1	12
205	03359A	sed	1.000	36	24
206	159MT	mt	0.226	0	0
207	160MT	mt	0.170	0	0
208	161MT	mt	0.252	0	0
209	162MT	mt	0.008	0	0
210	163MT	mt	0.036	0	0
211	164MT	mt	0.070	1	173
212	165MT	mt	0.164	0	0
213	166MT	mt	0.121	0	0
214	167MT	mt	0.040	0	0
215	168MT	mt	0.143	0	0
216	20911A	sed	1.000	27	12
217	169MT	mt	0.008	0	0
218	21069A	sed	1.000	290	61
219	06777C	sed	1.000	87	48
220	170MT	mt	0.080	0	0
221	171MT	mt	0.008	0	0
222	172MT	mt	0.008	0	0
223	173MT	mt	0.212	0	0
224	174MT	mt	0.012	0	0
225	175MT	mt	0.006	1	2
226	176MT	mt	0.234	0	0
227	177MT	mt	0.320	0	0
228	178MT	mt	0.008	0	0
229	179MT	mt	0.008	0	0
230	180MT	mt	0.408	0	0

Número	Código	Tipo	Longitud (km)	Número de clientes	Demanda media (kW)
231	181MT	mt	0.008	0	0
232	06458C	sed	1.000	54	47
233	06457C	sed	1.000	74	74
234	182MT	mt	0.012	0	0
235	183MT	mt	0.005	0	0
236	184MT	mt	0.005	1	13
237	02063A	sed	1.000	38	21
238	07448C	sed	1.000	67	84
239	185MT	mt	0.128	0	0
240	03497A	sed	1.000	31	44
241	01365S	sed	1.000	82	69
242	01129S	sed	1.000	170	122
243	00909S	sed	1.000	23	27



6.5.5 Baja Densidad

Baja Densidad de Carga

Alimentador NA04, Centro de Transformación Ñaña, Lima Sur
Red Subterránea 3% - Red Aérea 97%

Número	Código	Tipo	Longitud (km)	Número de clientes	Demanda media (kW)
1	001MT	mt	0.065	0	0
2	002MT	mt	0.164	0	0
3	003MT	mt	0.408	0	0
4	004MT	mt	0.076	0	0
5	005MT	mt	2.582	0	0
6	006MT	mt	0.352	0	0
7	007MT	mt	0.258	0	0
8	008MT	mt	0.032	0	0
9	009MT	mt	0.044	0	0
10	010MT	mt	0.107	0	0
11	011MT	mt	0.080	0	0
12	012MT	mt	0.062	0	0
13	013MT	mt	0.084	0	0
14	014MT	mt	0.111	0	0
15	04139A	sed	1.000	180	33
16	015MT	mt	0.058	0	0
17	016MT	mt	0.021	1	73
18	017MT	mt	0.062	0	0
19	018MT	mt	0.063	0	0
20	019MT	mt	0.127	0	0
21	020MT	mt	0.194	0	0
22	021MT	mt	0.092	0	0
23	022MT	mt	0.136	0	0
24	023MT	mt	0.126	0	0
25	024MT	mt	0.299	0	0
26	025MT	mt	0.185	0	0
27	04144A	sed	1.000	45	9
28	04143A	sed	1.000	149	21
29	04142A	sed	1.000	157	30
30	026MT	mt	0.039	0	0
31	027MT	mt	0.108	0	0
32	028MT	mt	0.040	0	0
33	029MT	mt	0.086	0	0
34	030MT	mt	0.124	0	0
35	031MT	mt	0.210	0	0
36	032MT	mt	0.298	0	0
37	033MT	mt	0.150	0	0
38	034MT	mt	0.068	0	0
39	035MT	mt	0.068	0	0
40	036MT	mt	0.028	0	0
41	037MT	mt	0.207	0	0
42	038MT	mt	0.197	0	0
43	039MT	mt	0.253	0	0
44	10394A	sed	1.000	108	15
45	04152A	sed	1.000	145	16
46	040MT	mt	0.018	0	0
47	04151A	sed	1.000	191	19
48	041MT	mt	0.141	0	0
49	042MT	mt	0.045	0	0
50	043MT	mt	0.044	0	0

Número	Código	Tipo	Longitud (km)	Número de clientes	Demanda media (kW)
51	044MT	mt	0.070	0	0
52	045MT	mt	0.109	1	7
53	046MT	mt	0.023	0	0
54	04172A	sed	1.000	73	8
55	047MT	mt	0.337	0	0
56	048MT	mt	0.143	0	0
57	049MT	mt	0.068	0	0
58	050MT	mt	0.025	0	0
59	051MT	mt	0.073	0	0
60	052MT	mt	0.152	0	0
61	053MT	mt	0.081	0	0
62	10008A	sed	1.000	122	16
63	054MT	mt	0.075	0	0
64	055MT	mt	0.132	0	0
65	10009A	sed	1.000	62	16
66	04177A	sed	1.000	187	21
67	04176A	sed	1.000	218	31
68	056MT	mt	0.006	1	5
69	057MT	mt	0.079	0	0
70	058MT	mt	0.139	0	0
71	059MT	mt	0.054	0	0
72	10367A	sed	1.000	172	19
73	060MT	mt	0.243	0	0
74	061MT	mt	0.100	0	0
75	062MT	mt	0.186	0	0
76	063MT	mt	0.055	0	0
77	064MT	mt	0.191	0	0
78	065MT	mt	0.002	1	1
79	066MT	mt	0.364	0	0
80	10537A	sed	1.000	112	14
81	067MT	mt	0.006	0	0
82	10342A	sed	1.000	372	30
83	10341A	sed	1.000	114	12
84	068MT	mt	0.231	0	0
85	10345A	sed	1.000	85	9
86	069MT	mt	0.093	0	0
87	070MT	mt	0.136	0	0
88	04174A	sed	1.000	69	7
89	071MT	mt	0.037	0	0
90	072MT	mt	0.071	0	0
91	073MT	mt	0.070	0	0
92	074MT	mt	0.088	0	0
93	04175A	sed	1.000	312	30
94	04173A	sed	1.000	183	22
95	04153A	sed	1.000	160	20
96	075MT	mt	0.166	0	0
97	10141A	sed	1.000	101	11
98	04150A	sed	1.000	150	23
99	04149A	sed	1.000	224	24
100	04148A	sed	1.000	222	35
101	04147A	sed	1.000	243	37
102	04146A	sed	1.000	234	40
103	04145A	sed	1.000	237	43
104	10978A	sed	1.000	2	4
105	04141A	sed	1.000	145	62
106	04140A	sed	1.000	239	49
107	076MT	mt	0.027	0	0
108	04138A	sed	1.000	181	57
109	04137A	sed	1.000	175	32
110	077MT	mt	0.035	0	0

Número	Código	Tipo	Longitud (km)	Número de clientes	Demanda media (kW)
111	078MT	mt	0.147	0	0
112	079MT	mt	0.075	0	0
113	080MT	mt	0.151	0	0
114	081MT	mt	0.148	0	0
115	04162A	sed	1.000	202	30
116	082MT	mt	0.078	0	0
117	083MT	mt	0.028	0	0
118	084MT	mt	0.196	0	0
119	085MT	mt	0.211	0	0
120	086MT	mt	0.062	0	0
121	087MT	mt	0.410	0	0
122	088MT	mt	0.177	0	0
123	089MT	mt	0.235	0	0
124	10888A	sed	1.000	60	8
125	090MT	mt	0.012	0	0
126	10886A	sed	1.000	75	8
127	10561A	sed	1.000	71	7
128	04165A	sed	1.000	269	39
129	091MT	mt	0.153	0	0
130	092MT	mt	0.233	0	0
131	093MT	mt	0.050	0	0
132	094MT	mt	0.074	0	0
133	095MT	mt	0.406	0	0
134	096MT	mt	0.015	0	0
135	097MT	mt	0.167	0	0
136	098MT	mt	0.135	0	0
137	10451A	sed	1.000	82	8
138	099MT	mt	0.105	0	0
139	10452A	sed	1.000	79	7
140	10142A	sed	1.000	237	19
141	100MT	mt	0.202	0	0
142	101MT	mt	0.135	0	0
143	10480A	sed	1.000	44	4
144	102MT	mt	0.080	0	0
145	103MT	mt	0.068	0	0
146	10144A	sed	1.000	121	8
147	104MT	mt	0.137	0	0
148	10143A	sed	1.000	153	12
149	105MT	mt	0.193	0	0
150	10497A	sed	1.000	331	29
151	106MT	mt	0.076	0	0
152	10398A	sed	1.000	102	15
153	04167A	sed	1.000	190	23
154	04166A	sed	1.000	83	14
155	04164A	sed	1.000	171	28
156	107MT	mt	0.018	0	0
157	04163A	sed	1.000	245	44
158	108MT	mt	0.069	0	0
159	04161A	sed	1.000	175	33
160	109MT	mt	0.083	0	0
161	110MT	mt	0.045	0	0
162	111MT	mt	0.238	0	0
163	10564A	sed	1.000	1	3
164	112MT	mt	0.145	0	0
165	113MT	mt	0.223	0	0
166	114MT	mt	0.065	0	0
167	115MT	mt	0.180	0	0
168	04170A	sed	1.000	332	46
169	116MT	mt	0.184	0	0
170	117MT	mt	0.011	1	26

Número	Código	Tipo	Longitud (km)	Número de clientes	Demanda media (kW)
171	118MT	mt	0.070	0	0
172	119MT	mt	0.231	0	0
173	120MT	mt	0.019	0	0
174	121MT	mt	0.230	0	0
175	122MT	mt	0.145	0	0
176	10026A	sed	1.000	201	22
177	10224A	sed	1.000	60	5
178	10441A	sed	1.000	99	13
179	04171A	sed	1.000	201	32
180	123MT	mt	0.017	0	0
181	04169A	sed	1.000	305	43
182	04168A	sed	1.000	237	31
183	124MT	mt	0.025	0	0
184	125MT	mt	0.093	0	0
185	126MT	mt	0.025	0	0
186	127MT	mt	0.218	0	0
187	128MT	mt	0.251	0	0
188	129MT	mt	0.036	0	0
189	130MT	mt	0.036	0	0
190	131MT	mt	0.152	0	0
191	132MT	mt	0.141	0	0
192	10380A	sed	1.000	214	19
193	133MT	mt	0.139	0	0
194	134MT	mt	0.217	0	0
195	135MT	mt	0.071	0	0
196	136MT	mt	0.154	0	0
197	137MT	mt	0.285	0	0
198	138MT	mt	0.278	0	0
199	139MT	mt	0.338	0	0
200	140MT	mt	0.045	0	0
201	11002A	sed	1.000	96	8
202	141MT	mt	0.250	0	0
203	142MT	mt	0.090	0	0
204	11003A	sed	1.000	73	7
205	10215A	sed	1.000	66	8
206	10214A	sed	1.000	109	9
207	10213A	sed	1.000	234	23
208	143MT	mt	0.031	0	0
209	144MT	mt	0.054	0	0
210	10727A	sed	1.000	97	13
211	145MT	mt	0.111	0	0
212	10211A	sed	1.000	30	3
213	10212A	sed	1.000	132	14
214	10389A	sed	1.000	97	9
215	04160A	sed	1.000	188	27
216	04159A	sed	1.000	268	35
217	04158A	sed	1.000	207	35
218	01174S	sed	1.000	19	4

