

CAPITULO I

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

1.1 GENERALIDADES.

La Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S. A., la cual distribuye, comercializa y genera energía eléctrica para el servicio a los usuarios, esta energía eléctrica es la forma mas utilizada, gracias a la flexibilidad en la generación y transporte, por lo que se ha convertido en el eje fundamental para el desarrollo y progreso del país mediante una correcta distribución de la misma a todos los lugares donde se la requiera.

Una de sus actividades primordiales es la distribución de la energía eléctrica al sector residencial, comercial, pequeña y mediana industria entre otros clientes, dentro de su área de concesión, para este propósito es necesario de una guía de diseño propia que esté acorde a las necesidades que requiera el diseño, construcción y ejecución, para las redes de distribución a nivel de medio y bajo voltaje.

Las redes de distribución en la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S. A., son aéreas y subterráneas, y deben funcionar con medio y bajo voltaje, las cuales se conducen dentro y fuera de los centros poblados, esto se realiza bajo criterios y regulaciones para evitar los peligros que traerían consigo el desprendimiento y contacto de los conductores energizados.

1.2 Descripción de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi ELEPCO S. A.

ELEPCO S. A., esta ubicada en la provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, se dedica a la distribución, comercialización y generación de energía eléctrica tanto industrial y residencial.

CUADRO A1. INFORMACIÓN GENERAL.

INFORMACION GENERAL	
EMPRESA	Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A.
DIRECCION	Márquez de Maenza 5-44 y Quijano y Ordóñez
CANTON	Latacunga
PROVINCIA	Cotopaxi
TELEFONO	032812-630
FAX	032813-823
CASILLA	239
CORREO ELECTRONICO	elepcosa@uio.satnet.net

Elaborado por: Grupo de trabajo.
Fuente: ELEPCO S. A.

1.3 Descripción general del sistema de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A.

A continuación se describe los elementos que componen el sistema de potencia que opera la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S. A.¹:

Los centros de generación están constituidos por centrales de generación hidráulica y los centros de recepción por subestaciones de recepción de la energía proveniente del Sistema Nacional Interconectado.

¹ Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi ELEPCO S. A.

Sistema de transmisión y subtransmisión en alto voltaje, esta conformado por un sistema radial que rodea el área urbana y líneas radiales que alimentan los centros de carga localizados en el resto del área de servicio.

Subestaciones de distribución utilizadas para la transformación del voltaje de transmisión y subtransmisión al voltaje primario ubicado en los centros de carga de los cuales se desarrollan las redes de distribución.

Líneas y redes de distribución en medio y bajo voltaje que alcanzan a los puntos de alimentación de los usuarios.

1.3.1 *Tipo de instalación.*

Red subterránea, utilizadas en el área central comercial de Cotopaxi y en áreas urbanas localizadas que presentan condiciones especiales por densidad de carga y aspectos urbanísticos.

Red aérea, utilizadas con conductores desnudos y prensamblados, sobre estructuras de soporte en el resto de la zonas como urbana, periféricas y rural.

1.3.2 *Esquemas de conexión.*

En el área central comercial de Cotopaxi, coincidente con las redes en instalación subterránea, el esquema utilizado para la red primaria es radial, con centros de transformación construidos por transformadores de distribución, cada uno de los cuales está alimentado por líneas primarias diferentes, mientras que para la red secundaria se aplica el esquema “Network” o mallado. En las restantes áreas con redes subterráneas, la red primaria es simplemente radial y la secundaria se encuentra “banqueada” entre centros de transformación, que consiste en conectar en paralelo los circuitos de grupos de transformadores.

En las zonas del sistema con distribución en transformación aérea, las redes primarias de alto voltaje son radiales, mientras que las redes secundarias se encuentran interconectadas entre centros de transformación.

1.3.3 Área de servicio.

El área de servicio que la empresa suministra de energía eléctrica son los cantones: Latacunga, Salcedo, Saquisilí, Pujilí, La Maná, Pangua y Sigchos que comprenden la provincia de Cotopaxi, para esto ELEPCO.S.A.

Está servida a través de un sistema de 69kV desde la subestación Ambato hasta la subestación Salcedo también esta alimentada desde la subestación Múlalo para cinco subestaciones (CUADRO A2) del sistema además posee cinco centrales de generación² (CUADRO A3) dos de las cuales trabajan en un sistema aislado, y las otras tres en paralelo con el Sistema Nacional Interconectado (SIN).

CUADRO A2. SUBESTACIONES.

SUBESTACIONES	CAPACIDAD (MVA)	VOLTAJE (Kv)	ALIMENTADORES PRIMARIOS
EL CALVARIO	5 3X1,72	22/13,8 6,3	Av. Sur Centro Sur Centro Norte Norte Industrial S. Oriental
SAN RAFAEL	10/12	69/13,8	Saquisilí Pujilí
MULALO	10/12	69/13,8	Ind. Lasso Tanicuchi Alaquez Aceropaxi
LASSO	10/12	69/13,8	Aglomerados Cotopaxi Sidercol Lam. Lasso Centro Pastocalle Sigchos Sidercol Fund.
LA COCHA	10/12	69/13,8	Oriental Rural Latacunga Norte

Elaborado por: Grupo de trabajo.
Fuente: Dirección Técnica de ELEPCO S. A.

² Dirección de Generación de ELEPCO S. A.

CUADRO A3. CENTRALES HIDROELÉCTRICAS.

CENTRALES HIDROELECTRICAS	CAPACIDAD (MVA)		CONECTADO AL SIN EN PARALELO	VOLTAJE GENERADO (Kv)
	Nº GRUPOS	TOTAL		
Illuchi I	2x1,74 2x0,87	3,43 1,74	X	2,4 2,4
Illuchi II	2x3,25	6,5	X	2,4
El Estado	2x0,85	1,7	X	4,16
Catazacón	2x0,4	0,8	X	0,44
Angamarca	2x0,15	0,3		0,44

Elaborado por: Grupo de trabajo.
Fuente: Dirección Técnica de ELEPCO S. A.

1.3.4 *Voltaje de servicio.*

Los valores nominales de voltaje en los diferentes componentes del sistema son los siguientes:

CUADRO A4.1. VOLTAJE DE SERVICIO.

COMPONENTES	NIVEL DE VOLTAJE EN kV
Transmisión y subtransmisión.	22 – 69
Alimentadores, líneas y redes primarias de distribución.	13.8 - 7.69

Elaborado por: Grupo de trabajo.
Fuente: Dirección Técnica de ELEPCO S. A.

CUADRO A4.2. VOLTAJE DE SERVICIO.

COMPONENTES	NIVEL DE VOLTAJE EN V
Circuitos secundarios trifásicos.	220 – 110
Circuitos secundarios monofásicos.	210 – 117

Elaborado por: Grupo de trabajo.
Fuente: Dirección Técnica de ELEPCO S. A.

1.3.5 Configuración de los sistemas de distribución.

Las líneas primarias a 13.8 kV entre fases, son predominantes a tres conductores y están, en general, asociadas con circuitos secundarios trifásicos; eventualmente, en áreas periféricas con cargas dispersas se derivan ramales con un conductor de fase a 7,690 kV, asociados con circuitos secundarios monofásicos o trifásicos.

Las líneas primarias a 13.8 kV, están conformados con uno, dos o tres conductores de fase y un conductor de neutro continuo sólidamente puesto a tierra a partir del punto neutro de la subestación de distribución y común con los circuitos secundarios. Los circuitos secundarios asociados con la red primaria a este voltaje, son predominantemente monofásicos a tres conductores.

1.4 NOCIONES GENERALES.

1.4.1 Distancias mínimas de seguridad.

“Son las distancias mínimas establecidas entre superficies de un objeto energizado y de las personas, edificaciones, obras de infraestructura y/o nivel del suelo, que garantice a las personas a no recibir descargas eléctricas. Las distancias mínimas de seguridad deben medirse de superficie a superficie”.³

1.4.1.1 Distancias mínimas de seguridad a edificaciones.

1.4.1.1.1 Distancias de seguridad de conductores a edificaciones.

Las distancias verticales y horizontales, para conductores desnudos en estado estacionario sin desplazamiento de viento son:

³ Consejo Nacional de Electricidad CONELEC, Regulaciones para las distancias de seguridad.

**CUADRO A5. DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD DE
CONDUCTORES A EDIFICACIONES Y OTRAS INSTALACIONES.**

DISTANCIA MÍNIMA DE SEGURIDAD		CONDUCTORES DE 0 - 750 V	CONDUCTORES DE 750 V - 22 Kv	PARTES RIGIDAS ENERGIZADAS NO PROTEGIDAS	
				DE 0 - 750 V	DE 750 - 22 Kv
EDIFICIOS	Horizontal a paredes, ventanas y áreas accesibles a personas (m)	1,7(A,B)	2,3(A,B)	1,5(A)	2(A)
	Vertical arriba o debajo de techos y áreas no accesibles a personas (m)	3,2	3,8	3	3,6
	Vertical arriba o debajo de techos y áreas accesibles a personas y vehículos, además de vehículos pesados (m)	3,5	4,1	3,4	,4,0
	Vertical arriba de techos accesibles al tránsito de vehículos pesados (m)	5	5,6	4,9	5,5
ANUNCIOS, CHIMENEAS	Horizontal	1,7(A,B)	2,3(A,C)	1,5(A)	2(A)
	Vertical arriba o debajo de cornisas y otras superficies sobre las cuales pueden caminar personas (m)	3,5	4,1	3,4	4
	Vertical arriba o debajo de otras partes de tales instalaciones (m)	1,8(A)	2,3	1,7	2,45

Elaborado por: Grupo de trabajo.

Fuente: Concejo Nacional de Electrificación CONELEC.

Para los casos siguientes, se podrán aceptar las distancias que se señala:

(A). Las carteleras, chimeneas, antenas, tanques u otras instalaciones que no requieran de mantenimiento en el cual personas estén trabajando o pasando en medio de los conductores y el edificio, la distancia mínima de seguridad puede ser reducida en 0.60 metros.

(B). Cuando el conductor o cable es desplazado por el viento para conductores en reposo de 0 a 750 V, la distancia mínima de seguridad no debe ser menor a 1.1 metros, ver cuadro A6.

(C). Cuando el conductor o cable es desplazado por el viento para conductores en reposo de 750 V a 22 kV, la distancia mínima de seguridad no debe ser menor a 1.40 metros, ver cuadro A6.

1.4.1.1.2 Distancias de seguridad de conductores y partes energizadas a edificaciones, bajo viento.

“Cuando los conductores son desplazados de su posición, por una presión de viento de 29 kg/m^2 ”,⁴ se podrán reducir a los valores mínimos especificados a continuación, excepto en puentes.

CUADRO A6. DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD A CONDUCTORES Y CABLES A EDIFICIOS, ANUNCIOS, CARTELERAS, CHIMENEAS, ANTENAS DE RADIO Y TELEVISIÓN Y OTRAS INSTALACIONES, BAJO VIENTO.

CONDUCTOR O CABLE	DISTANCIA DE SEGURIDAD HORIZONTAL (m)
Conductores desnudos (0 a 750 V)	1,1
Conductores desnudos (750 V a 22 kV)	1,4
Conductores con aislamiento (> 750 V)	1,1

Elaborado por: Grupo de trabajo.
Fuente: Concejo Nacional de Electrificación CONELEC.

⁴ Consejo Nacional de Electricidad CONELEC, Regulaciones de distancias en condiciones de viento.

1.4.1.2 Distancias mínimas de seguridad de acometidas.

“Acometida es la instalación comprendida entre el punto de entrega del suministro de energía eléctrica al consumidor y la red pública del distribuidor”.⁵

1.4.1.2.1 Distancias mínimas de seguridad de acometidas sobre los tejados.

Los conductores aéreos de acometida de no más de 600 V nominales, deben guardar las siguientes distancias mínimas, medidas desde la superficie del techo o balcón.

CUADRO A7. DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD DE CONDUCTORES DE ACOMETIDA A TECHOS DE EDIFICACIONES.

DISTANCIAS MINIMAS DE SEGURIDAD	Conductores 0 a 600 V
Acometidas	Distancias en metros
Vertical desde el techo o balcón accesible hacia arriba al conductor de acometida	2,5
Vertical u horizontal desde el techo o balcón no accesible hacia el conductor de acometida	0,9

Elaborado por: Grupo de trabajo.

Fuente: Concejo Nacional de Electrificación CONELEC

1.4.1.2.2 Distancias mínimas de seguridad de acometidas verticales desde el suelo.

Los conductores aéreos de acometidas de no más de 600 V nominales, deben guardar las siguientes distancias mínimas, medidas desde la superficie acabada del suelo.

⁵ Consejo Nacional de Electricidad CONELEC, Regulaciones de distancias para acometidas.

**CUADRO A8. DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD VERTICALES
DESDE EL SUELO A CONDUCTORES DE ACOMETIDAS.**

DISTANCIAS MINIMAS DE SEGURIDAD DE ACOMETIDAS	Conductores 0 a 600 V
	Distancia en metros (m)
Vertical hacia debajo de la acometida hasta áreas accesibles a personas como aceras	3
Vertical arriba de edificios residenciales y accesos vehiculares y zonas comerciales no sujetas a tráfico de camiones, cuando el voltaje esté limitado a 300 V	3,6
Vertical arriba de edificios residenciales y accesos vehiculares y zonas comerciales no sujetas a tráfico de camiones, cuando el voltaje supere los 300 V a tierra	4,6
Vertical hacia arriba de superficies sobre las que pueden caminar personas (calles, callejones, carreteras, públicas, zonas con tráfico de personas)	5,5

Elaborado por: Grupo de trabajo.
Fuente: Concejo Nacional de Electrificación CONELEC.

1.4.2 Obras de infraestructura.

1.4.2.1 Distancia de conductores a otras estructuras de soporte.

Los conductores y cables que pasen próximos a estructuras de alumbrado público, de soporte de semáforos o de soporte de una segunda línea, deben estar separados de cualquier parte de esas estructuras por distancias no menores que las siguientes:

**CUADRO A9. DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD DE
CONDUCTORES A OTRAS ESTRUCTURAS DE SOPORTE.**

DISTANCIAS EN METROS	Conductores de 0 a 22 kV	Conductores de 22 a 50 kV
Distancia horizontal	1,50	1,50
Distancia vertical	1,40	1,70

Elaborado por: Grupo de trabajo.
Fuente: Concejo Nacional de Electrificación CONELEC.

Para conductores neutro, mensajeros, retenidas y conductores aislados las distancias pueden reducirse a 0.90 y 0.60 metros.

1.4.2.2 Distancias mínimas de seguridad verticales de conductores sobre el nivel del suelo.

Estas distancias se refieren a la altura mínima que deben guardar los conductores y cables de líneas aéreas, respecto al suelo como carreteras, agua y parte de rieles de vías férreas y deben ser como mínimo las indicadas a continuación:

CUADRO A10. DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD VERTICALES DE CONDUCTORES SOBRE VÍAS FÉRREAS, EL SUELO Y AGUA.

NATURALEZA DE LA SUPERFICIE BAJO LOS CONDUCTORES	CONDUCTORES DE 0 - 750 V	CONDUCTORES DE 750 V - 22 Kv	CONDUCTORES DE 22 kV - 470 kV
Vías férreas	7,5 m	8,1 m	8,1 + 0,01 m por cada kV arriba de 22 kV
Carreteras, calles, caminos y otras áreas usadas para el tránsito	5,0 m	5,6 m	5,6 + 0,01 m por cada kV arriba de 22 kV
Aceras o caminos accesibles sólo a peatones	3,8 m	4,4 m	4,4 + 0,01 m por cada kV arriba de 22 kV
Aguas donde no esta permitida la navegación	4,6 m	5,2 m	5,2 + 0,01 m por cada kV arriba de 22 kV
Aguas navegables incluyendo lagos, ríos, estanques, arroyos y canales con un área de superficie sin obstrucción de :			
a) Hasta 8 ha	5,6	6,2	6,2
b) Mayor a 8 hasta 80 ha	8,1	8,7	8,7
c) Mayor de 80 hasta 800 ha	9,9	10,5	10,5 ó 12,3 + 0,01 m por cada kV arriba de 22 kV
d) Arriba de 800 ha	11,7 m	12,3 m	

Elaborado por: Grupo de trabajo.

Fuente: Concejo Nacional de Electrificación CONELEC.

1.4.3 Materiales utilizados en el montaje de redes de distribución.

1.4.3.1 Postes.

Se los utilizan en las líneas de distribución aéreas en medio y bajo voltaje, se utilizan postes de hormigón armado, los mismos que deben portar los requerimientos de la ELEPCO S. A., entre los cuales serán designados con un número para la tipificación y la placa de identificación del poste.

1.4.3.1.1 Postes de hormigón.

El hormigón es una composición formada por cemento, grava o piedra machacada, agua y arena que, convenientemente mezclada, fragua hasta adquirir una consistencia pétreo.

La característica más importante del hormigón es su gran resistencia a la compresión

Normalmente se fabrican los siguientes postes:

- Poste de hormigón armado.
- Poste de hormigón vibrado.
- Poste de hormigón centrifugado.
- Poste de hormigón pretensado.

CUADRO A11. POSTES DE CONCRETO ARMADO PARA USO EN REDES DE DISTRIBUCIÓN AÉREA.

LONGITUD TOTAL DEL POSTE DE HORMIGON ARMADO (m)	CARGA UTIL DE TRABAJO (kg)	APLICACIÓN
9	350 - 500	Red aérea secundaria
11	350 - 500	Red aérea primaria y/o secundaria, alumbrado publico y montaje de transformadores
12	500	Red aéreas para casos especiales
14	500	Red aéreas para casos especiales

Elaborado por: Grupo de trabajo.
Fuente: Dirección Técnica de ELEPCO S. A.

1.4.3.2 Crucetas.

La fijación de los aisladores a los postes tiene lugar por medio de crucetas o herrajes, los cuales se colocan a conveniente distancia entre si para obtener la separación necesaria de los diversos conductores.

Son accesorios que se montan en la parte superior de los postes para sujetar adecuadamente los soportes de los aisladores.

En su construcción se empleaban maderas tratadas, en la actualidad para postes de hormigón se utilizan crucetas exclusivamente de hierro.

CUADRO A12. TIPOS DE CRUCETAS.

TIPOS DE CRUCETAS SEGÚN SU APLICACIÓN	DISTANCIAS EN METROS	
Cruceta centrada	1,50	2,40
Cruceta en volado	1,50	2,40
Cruceta en pórtico	4,00	

Elaborado por: Grupo de trabajo.
Fuente: Dirección Técnica de ELEPCO S. A.

1.4.3.3 Aisladores.

Los conductores se montan en las crucetas, por intermedio de aisladores que son fabricados con porcelana o vidrio, los de porcelana son los más empleados, aunque en las líneas de distribución aéreas se utilizan también los de vidrio, que son algo más baratos y satisfacen las exigencias del servicio.

Aisladores de porcelana debe ser de estructura homogénea, recubierta su superficie exterior por una capa de esmalte para darle tersura y, de ese modo, dificultar la adherencia de la humedad y el polvo.

Aisladores de vidrio se fabrican con excelentes materiales, y recociendo bien las piezas para disminuir de esta manera su fragilidad.

Los esfuerzos mecánicos a que se hallan sometidos los aisladores, por virtud de los conductores que soportan y es preciso que sean dimensionados convenientemente para resistirlo, sin que por ello disminuyan sus cualidades eléctricas.

CUADRO A13. TIPOS DE AISLADORES UTILIZADOS.

TIPOS DE AISLADORES	APLICACIONES
Aislador tipo polímero	Estructuras de medio voltaje en retenida.
Aislador PIN ANSI 55-4	Estructuras de medio voltaje en suspensión.
Aislador rollo ANSI 52-3	Estructuras en bajo voltaje tanto en suspensión y retención.
Aislador tipo retenida ANSI 54-2	Aislamiento de cable para tensores a tierra, en líneas de medio voltaje.

Elaborado por: Grupo de trabajo.
Fuente: Dirección Técnica de ELEPCO S. A.

1.4.3.4 Conductores eléctricos.

Desde el inicio de su recorrido en las centrales generadoras hasta llegar a los centros de consumo, la energía eléctrica es conducida a través de líneas de transmisión y redes de distribución formadas por conductores eléctricos.

“Se aplica este concepto a los cuerpos capaces de conducir o transmitir la electricidad. Un conductor eléctrico está formado primeramente por el conductor propiamente tal, usualmente de cobre”.⁶

Este puede ser alambre, es decir, una sola hebra o un cable formado por varias hebras o alambres torcidos entre sí.

Los materiales más utilizados en la fabricación de conductores eléctricos son el cobre y el aluminio.

Aunque ambos metales tienen una conductividad eléctrica excelente, el cobre constituye el elemento principal en la fabricación de conductores por sus notables ventajas mecánicas y eléctricas.

El uso de uno u otro material como conductor, dependerá de sus características eléctricas (capacidad para transportar la electricidad), mecánicas (resistencia al desgaste, maleabilidad), del uso específico que se le quiera dar y del costo.

Los conductores eléctricos se componen de tres partes:

- El elemento conductor.
- El aislamiento.
- Las cubiertas protectoras.

⁶ Fundamentos básicos sobre electricidad, Especificaciones del alambre de cobre , http://www.mundoanuncio.com/.../tabla_de_conductores_electricos_1174471857.html

1.4.3.4.1 *El elemento conductor.*

Se fabrica en cobre o aluminio y su objetivo es servir de camino a la energía eléctrica desde las centrales generadores a los centros de distribución (subestaciones, redes y empalmes), para alimentar a los diferentes centros de consumo (industriales, grupos habitacionales, etc.).⁷

Los conductores se clasifican de acuerdo a varios criterios

- Según su constitución

1.4.3.4.1.1 *Alambre.*

Conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por un solo elemento o hilo conductor.

Se emplea en líneas aéreas, como conductor desnudo o aislado, en instalaciones eléctricas a la intemperie, en ductos o directamente sobre aisladores.

1.4.3.4.1.2 *Cable.*

Conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por una serie de hilos conductores o alambres de baja sección, lo que le otorga una gran flexibilidad.

- Según el número de conductores.

1.4.3.4.1.3 *Monoconductor.*

Conductor eléctrico con una sola alma conductora, con aislamiento y con o sin cubierta protectora.

⁷ Conductores Eléctricos, Procobre, <http://www.procobreecuador.org>.

1.4.3.4.1.4 Multiconductor.

Conductor de dos o más almas conductoras aisladas entre sí, envueltas cada una por su respectiva capa de aislante y con una o más cubiertas protectoras comunes.

Para la identificación, el conductor está identificado en cuanto a su tamaño por un calibre, que puede ser milimétrico y expresarse en mm^2 o americano y expresarse en AWG o MCM con un equivalencia en mm^2 .

1.4.3.4.2 El aislamiento.

El objetivo del aislamiento en un conductor es evitar que la energía eléctrica que circula por él, entre en contacto con las personas o con objetos, ya sean éstos ductos, artefactos u otros elementos que forman parte de una instalación. Del mismo modo, el aislamiento debe evitar que conductores de distinto voltaje puedan hacer contacto entre sí.

Los materiales aislantes en la actualidad son polímeros, que en química se definen como un material formado por la unión de muchas moléculas idénticas, para formar una nueva molécula más grande.

1.4.3.4.3 Cubierta protectora.

“El objetivo fundamental de esta parte de un conductor, es proteger la integridad del aislamiento y del alma conductora contra daños mecánicos, tales como raspaduras, golpes, etc.”⁸.

Si las protecciones mecánicas son de acero, latón u otro material resistente, a ésta se le denomina armadura que puede ser de cinta o alambres trenzados.

Los conductores también pueden estar dotados de una protección de tipo eléctrico formado por cintas de aluminio o cobre. En el caso que la protección, en vez de cinta esté constituida por alambres de cobre y se le denomina pantalla o blindaje.

⁸ Instalaciones eléctricas: abastecimiento y distribución de energía eléctrica, Editorial Siemens edición 2, 1989.

1.4.3.4.4 Cables prensamblado.

Instalados directamente enterrados, en ductos y trincheras, instalaciones aéreas, en charolas y ductos.

1.4.3.4.4.1 Descripción de los cables prensamblados.

”Conductor de cobre electrolítico de 99.99% de pureza, temple suave o aluminio puro temple duro, pantalla semiconductor extruida sobre el conductor, aislamiento de polietileno de cadena cruzada prensamblada o polietileno de cadena cruzada resistente a las arborescencias o etileno propileno (EPR), con pantalla semiconductor extruda sobre el aislamiento, pantalla electrostática a base de cinta de de cobre traslapada o alambres de cobre aplicados helicoidalmente, cinta separadora de mylar y una cubierta exterior de PVC. Tensiones de 5 hasta 35 kV. En aislamiento de 100% y 133%”.⁹

1.4.3.4.4.2 Características técnicas del cable prensamblado.

Las características de este tipo de aislamiento son: propiedades de alta rigidez dieléctrica, baja absorción de humedad, bajas pérdidas dieléctricas, de fácil instalación para realizar empalmes y terminales. Para operar en un rango térmico continuo en el conductor de 90 C°, en condiciones de emergencia a 130 C° y en corto circuito a 250 C°.

1.4.3.4.4.3 Norma para prensamblado.

ICEA-S-66-524

NMX-J-142-ANCE

AEIC-CS-5

CFE-E0000-16

⁹ CABLES DE ENERGÍA IUSASIL, <http://www.haesa.com.mx/cablesenergia.html>

1.4.3.4.4 Usos y aplicaciones.

Para ser instalados directamente enterrados. Para instalarse en ductos o trincheras. En instalaciones aéreas, en charolas o ductos.

Al proyectar un sistema, ya sea de suministro de energía, de control o de información, deben respetarse ciertos parámetros imprescindibles para la especificación de los cables:

- Voltaje del sistema, tipo corriente continua (CC) o corriente alterna (CA), fases y neutro, sistema de potencia.
- Corriente o potencia a suministrar.
- Temperatura de servicio, temperatura ambiente y resistencia térmica de alrededores.
- Tipo de instalación, dimensiones (profundidad, radios de curvatura, distancia entre vanos, etc.).
- Sobrecargas o cargas intermitentes.
- Tipo de aislamiento.
- Cubierta protectora.

1.4.3.5 Sistemas de distribución.

El esquema de distribución eléctrica en la empresa ELEPCO S. A., es radial el cual se caracteriza por la alimentación por uno solo de sus extremos transmitiendo la energía en forma radial a los receptores y el emisor.¹⁰

La ventaja de este esquema es que resalta su simplicidad y la facilidad que presentan para ser equipadas de protecciones selectivas.

La desventaja de este esquema de distribución es su falta de garantía de servicio.

¹⁰ Apuntes de octavo ciclo, Ing. Juan Cruz, Docente de la UTC.

Esta desventaja pueden ser compensada en la actualidad con los dispositivos modernos de desconexión automática de la zona en falla llamados "Órganos de Corte de Red" o la utilización de los dispositivos llamados "Reconectores" que desconectan y cierran la zona en falla, procurando de esa manera despejar la zona en falla y volver el servicio sobre la línea completa.

1.4.3.5.1 *Redes de distribución de energía eléctrica.*

Para el montaje de redes de distribución de energía eléctrica en la ELEPCO S. A., se usan tanto redes aéreas o subterráneas, las que deben ser diseñadas para la distribución de medio y bajo voltaje, y conducirse en el área urbana o centros poblados utilizando preferentemente redes subterráneas o redes aéreas, considerando el costo de construcción y si estos sitios dan las garantías constructivas necesarias y por otro lado en las aéreas rurales o sitios alejados de los centros poblados se utilizan redes de distribución aéreas por la facilidad de montaje y costos.

1.4.3.5.1.1 *Redes de distribución aérea.*

“Es el conjunto de conductores sujetos en el aire, por encima del nivel del suelo a aisladores montados sobre crucetas y postes de hormigón armado a ciertas distancias del suelo”¹¹, las cuales brindan el aislamiento y la seguridad necesaria entre los conductores energizados y tierra.

1.4.3.5.1.2 *Redes de distribución subterránea.*

La distribución de energía eléctrica en el interior de los centros poblados, se aconseja en algunos casos que el suministro se haga mediante canalizaciones enterradas o conductores enterrados directamente bajo el nivel del suelo, y esto se lo realiza, no solo por el peligro que puede representar que los conductores vayan instalados al aire, sino por el aspecto físico y estético que representa para una ciudad.

¹¹ Instalaciones Eléctricas en Media y Baja Tensión, José García Trasancos, tercera edición.

Las redes de distribución subterráneas son mucho más costosas que las aéreas, pues además de tener que realizar el calado de la vía pública para poder alojar las canalizaciones, conductores y señalización de los mismos, también tenemos que saber que los diferentes tipos de conductores que se vayan a instalar son más sofisticados que cualquier tipo de conductor desnudo

1.4.3.5.2 Sistema de distribución trifásica.

En la distribución de energía eléctrica en la ELEPCO S. A., se utiliza el sistema de “corrientes trifásicas que es el conjunto de tres corrientes alternas monofásicas de igual frecuencia y amplitud (y por consiguiente, valor eficaz) que presentan una cierta diferencia de fase entre ellas, en torno a 120° , y están dadas en un orden determinado”.¹² Cada una de las corrientes monofásicas que forman el sistema se designa con el nombre de fase.

Un sistema trifásico de voltajes se dice que es equilibrado cuando sus corrientes son iguales y están desfasados simétricamente.

Cuando alguna de las condiciones anteriores no se cumple (voltajes diferentes o distintos desfases entre ellas), el sistema de tensiones es un sistema desequilibrado o un sistema desbalanceado.

Recibe el nombre de sistema de cargas desequilibradas el conjunto de impedancias distintas que dan lugar a que por el receptor circulen corrientes de amplitudes diferentes o con diferencias de fase entre ellas distintas a 120° , aunque los voltajes del sistema o de la línea sean equilibrados o balanceados.

El sistema trifásico presenta una serie de ventajas como son la economía de sus líneas de transporte de energía (hilos más finos que en una línea monofásica equivalente) y de los transformadores utilizados, así como su elevado rendimiento de los receptores, especialmente motores, a los que la línea trifásica alimenta con potencia constante y no pulsada, como en el caso de la línea monofásica.

¹² Redes Eléctricas de Alta y Baja Tensión, sexta edición, ediciones G. Gili S. A. México, D. F.

1.4.3.5.3 Sistema de distribución monofásica.

“El sistema de distribución monofásico es un circuito cerrado, con dos polos, por el cual circula corriente alterna”.¹³

1.4.3.6 Seccionamiento y protecciones.

1.4.3.6.1 Dispositivos de seccionamiento y protección de sobrecorrientes.

El objetivo de la protección eléctrica es evitar o limitar las consecuencias destructivas o peligrosas de las sobrecorrientes debido a sobrecargas, cortocircuitos, y fallas de aislamiento, y separar el circuito defectuoso del resto de la instalación.

1.4.3.6.1.1 Seccionador.

“El seccionador eléctrico es un dispositivo mecánico capaz de mantener aislada una instalación eléctrica de su red de alimentación. Es un dispositivo de ruptura lenta, puesto que depende de la manipulación de un operario. Este dispositivo, por sus características, debe ser utilizado siempre sin carga o en vacío”.¹⁴

1.4.3.6.1.2 Reconectador automático.

En una línea aérea de distribución, en voltajes medios, se ha comprobado estadísticamente que sólo un 10% de las fallas tiene carácter permanente; por ejemplo un aislador roto, en tanto que el porcentaje restante tiene carácter transitorio, desapareciendo más o menos rápidamente por ejemplo cuando una rama que toca una línea y luego cae.¹⁵

Con el fin de reducir los costos de operación se desarrollaron los ”reconectores automáticos, los cuales son protecciones, que una vez operados por

¹³ Redes Eléctricas de Alta y Baja Tensión, sexta edición, ediciones G. Gili S. A. México, D. F.

¹⁴Nichese, Seccionadores, <http://www.nichese.com/seccionador.html>

¹⁵ Apuntes de octavo ciclo, Ing. Santiago Ramos.

sobrecorrientes permiten volver a cerrar el circuito y abrirlo nuevamente si el origen de la sobrecorriente subsiste, pudiendo repetir este ciclo hasta cuatro veces”.¹⁶ Esta forma de operar permite que en caso de desaparecer la falla que originó la acción del reconectador antes de cumplirse la cantidad de ciclos para la que fue regulado, el reconectador permanecerá cerrado y su contador de operaciones volverá a cero, permitiendo al sistema volver a funcionar en condiciones normales, sin la presencia de un operador; en caso de exceder el número de ciclos, el reconectador abrirá y sólo será posible reponerlo en servicio en forma manual, en tal caso se asumirá que se está en presencia de una falla permanente.

1.4.3.6.2 Dispositivos de protección de sobrevoltajes.

Los pararrayos son los dispositivos de protección de sobrevoltajes que se utilizan en el montaje de líneas de distribución en medio voltaje, los cuales son de óxido metálico de gran calidad para redes de distribución (protección de líneas aéreas, cables, subestaciones, transformadores, generadores, condensadores etc.).

Los pararrayos limitan las tensiones peligrosas causadas por rayos o maniobras en la red. Al reducir las interrupciones del suministro eléctrico, incrementan la fiabilidad de las redes de distribución eléctrica.

1.4.3.6.2.1 Pararrayo auto-válvula.

“Los pararrayos auto-válvula, son los encargados de absorber los sobrevoltajes que pudieran producirse por inclemencias atmosféricas como puede ser la caída de un rayo”.¹⁷ De esta manera evitan que sean los aisladores los elementos que reciban estos sobrevoltajes, ya que esto ocasionaría grandes desperfectos en el

¹⁶ H. Briones sistemas eléctricos; reconectores; <http://www.hbse.cl/Documentos/5003.pdf>

¹⁷Protección eléctrica en sistemas de distribución: protección de sobrevoltajes sección B, Cooper Power Systems, Editorial Cooper Power Systems 2003.

aislamiento. Deben conectarse por un extremo a la línea que se quiere proteger y por el otro a la red de tierra. Para su dimensionamiento se deberá tener en cuenta que, para que una auto-válvula comience a actuar, entre sus extremos debe superarse una tensión de referencia, debido a esto no nos debemos quedar cortos ya que el pararrayos podría actuar con simplemente detectar entre sus extremos la tensión nominal de la línea.

1.4.3.7 Centros de transformación.

Los transformadores eléctricos han sido uno de los inventos más relevantes de la tecnología eléctrica. Sin la existencia de los transformadores, sería imposible la distribución de la energía eléctrica tal y como la conocemos hoy en día. La explicación es muy simple, por una cuestión de seguridad no se puede suministrar a nuestros hogares la cantidad de Kw que salen de una central eléctrica, es imprescindible el concurso de unos transformadores para realizar el suministro doméstico.

Sabiendo la importancia del transformador para la vida moderna, pasemos a definir qué es exactamente el transformador.

“El transformador básico es un dispositivo eléctrico construido con dos bobinas acopladas magnéticamente entre sí, de tal forma que al paso de una corriente eléctrica por la primera bobina (llamada primaria) provoca una inducción magnética que implica necesariamente a la segunda bobina (llamada secundaria) y provocando con este principio físico lo que se viene a llamar una transferencia de potencia”.¹⁸

“El transformador es un dispositivo eléctrico que utilizando las propiedades físicas de la inducción electromagnética es capaz de elevar y disminuir el voltaje eléctrico, transformar la frecuencia (Hz), equilibrar o desequilibrar circuitos

¹⁸ Máquinas eléctricas y transformadores, Irving L. Kosow, Editorial Preutice - Hall Hispanaamericana edición 2, 1993.

eléctricos según la necesidad y el caso específico”.¹⁹ Transportar la energía eléctrica desde las centrales generadoras de la electricidad hasta las residencias domésticas, los comercios y las industrias. Dicho dispositivo eléctrico también es capaz de aislar circuitos de corriente alterna de circuitos de corriente continua.

1.4.3.7.1 Transformador de distribución.

Se denomina transformadores de distribución, generalmente los transformadores de potencias iguales o inferiores a 500 kVA y de tensiones iguales o inferiores a 67 000 V, tanto monofásicos como trifásicos.

Aunque la mayoría de tales unidades están proyectadas para montaje sobre postes, algunos de los tamaños de potencia superiores, por encima de las clases de 18 kV, se construyen para montaje en estaciones o en plataformas. Las aplicaciones típicas son para alimentar a granjas, residencias, edificios o almacenes públicos, talleres y centros comerciales.

En la distribución de energía eléctrica se utilizan los siguientes tipos de transformadores que son:

- Transformadores monofásicos.
- Transformador autoprotegido.
- Transformador trifásico.

1.4.3.8 Acometidas.

Acometida es la parte de la instalación eléctrica que se construye desde las redes de distribución de la empresa suministradora de energía eléctrica, tanto aéreas o subterráneas hasta las instalaciones del usuario.

¹⁹ Folleto de Generación y Transporte de Energía Eléctrica, Ing. Miguel Lucio.

1.4.3.8.1 Tipos de acometidas.

1.4.3.8.1.1 Acometida aéreas.

Entran dentro de esta denominación todas aquellas líneas que discurren siempre por encima del nivel del suelo.

1.4.3.8.1.2 Acometida subterránea.

Son aquellas cuya trazado discurre por debajo del nivel del suelo en zanjas. Actualmente se están empezando a utilizar más que las aéreas, debido esto al menor impacto visual que suponen.

1.4.3.8.1.3 Acometidas aéreo-subterráneas.

Son aquellas durante cuyo trazado, tienen tramos aéreos y tramos subterráneos. Se utilizan cuando no es viable realizar un trazado homogéneo.

1.4.3.9 Puesta a tierra.

“Toda instalación eléctrica, excepto donde se indique expresamente lo contrario debe disponer de un sistema de puesta a tierra, de tal forma que cualquier punto del exterior o interior, normalmente este accesible a personas que puedan transitar o permanecer hay; no estén sometidas a tensiones que superen los umbrales de soportabilidad del ser humano cuando se presente una falla”.^{20 21}

²⁰ Apuntes de octavo ciclo, Ing. Santiago Ramos, Docente de la UTC.

²¹ PROCOBRE CHILE; La puesta a tierra;

http://www.procobre.org/archivos/pdf/download_biblioteca/MX/junio/conductores/unidad4.pdf

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA.

2.1 Generalidades.

El presente trabajo se lo realizo en el departamento de la Dirección Técnica de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi ELEPCO S. A., y con el sustento de los profesionales encargados en el diseño y construcción de redes de distribución en medio y bajo voltaje.

Las presentes guías de diseño, que se exponen en este módulo, se encargaran por medio de la Dirección Técnica de la ELEPCO S. A., de instituir técnicas con disposiciones teóricas y prácticas, que regulen en forma estándar los sistemas de distribución, tanto en redes aéreas y subterráneas de medio y bajo voltaje, en las fases de diseño y construcción, además contiene procedimientos para la presentación, aprobación y ejecución de proyectos eléctricos de distribución, determinando la metodología de diseño y construcción de los mismos con aplicación en el área de concesión de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A.

2.2 Diseño de estructuras de soporte.

Obtuvimos la información de las estructuras de soporte, las cuales son utilizadas actualmente en la distribución aérea de energía eléctrica en medio y bajo voltaje, tanto en zonas urbanas y rurales dentro de la concesión de la empresa eléctrica.

Para la recopilación de información necesaria, en la ejecución del diseño se utilizo elementos de medición, cámara fotográfica donde se identifico sus diferentes materiales que conforman las distintas estructuras de soporte a más los criterios técnicos emitidos por los profesionales relacionados directamente en el manejo y construcción de redes de distribución eléctricas.

Con la información obtenida y la ayuda de un software denominado Dibujo asistido por computadora (Auto CAD), donde se plasmo materiales con sus respectivos códigos, características y medidas reales de las distintas estructuras de soporte que se utilizan en la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S. A.

El dimensionamiento de las estructuras de soporte se estableció mediante una resolución emitida del departamento de la Dirección Técnica de la ELEPCO S. A., las cuales van de acuerdo a normas, necesidades, exigencias, seguridad y calidad en la distribución de energía eléctrica.

Las estructuras de soporte aéreas que se diseñaron son las siguientes:

2.2.1 Distancias mínimas de seguridad.

Tiene por objeto establecer las distancias mínimas emitidas por el Concejo Nacional de Electricidad (CONELEC), las cuales se deben mantener entre los conductores u otros energizados, bajo las condiciones permanentes de operación del sistema eléctrico.

2.2.2 Postes.

Como componente de montaje la erección del poste, indicándose las dimensiones normalizadas para el empotramiento y los elementos de fijación adicionales necesarios de acuerdo al tipo de suelo.

2.2.3 Ensamblajes de líneas de distribución monofásicas.

Se muestran las diferentes disposiciones de ensamblajes tipos en redes monofásicas a 7.9 kV, dimensionadas para mantener las condiciones de seguridad mecánicas, eléctricas y los límites de utilización.

2.2.4 Ensamblajes de líneas de distribución trifásicas.

Se presentan las diferentes instrucciones de montajes tipo en redes de distribución trifásicas a 13.8 kV, las cuales son dimensionadas para salvaguardar las condiciones de seguridad.

2.2.5 Ensamblajes de líneas de distribución secundarias.

Se muestran las disposiciones típicas de los bastidores y los límites de utilización de acuerdo al tipo de conductor y ángulos de línea.

2.2.6 Tensores.

Se muestran las disposiciones tipo de tensores, tanto para líneas de distribución primarias como secundarias.

2.2.7 Anclas.

Se indican las dimensiones básicas de las excavaciones de acuerdo al tipo de suelo y tensión mecánica requerida, en el montaje de líneas primarias y secundarias.

2.2.8 Puesta a tierra.

Se toma como base una resistencia de 25 ohm por puesta a tierra, la cual debe cumplir con este requisito tomando en cuenta la resistividad del suelo.

2.2.9 Montaje de luminarias.

Se define como unidad de construcción, el montaje de luminarias y su sujeción al poste de hormigón armado, en los distintos tipos de disposiciones. No se establecen límites de utilización sino parámetros referenciales.

2.2.10 Montajes de seccionamiento.

Se indica la disposición apropiada de los elementos y equipos de seccionamiento con el objetivo de mantener las distancias de seguridad y permitir su fácil operación.

2.2.11 Montajes de transformadores.

Dependiendo de la capacidad del transformador, tipo de instalación y área de servicio, se presentan disposiciones de montaje en poste.

2.2.12 Detalles de fijación.

Se muestran las disposiciones tipo para la fijación de las diferentes crucetas y aisladores tanto de suspensión y tipo PIN en los postes de hormigón armado, exponiendo los elementos a utilizarse.

2.2.13 Montajes misceláneos.

Se especifica aquellos materiales o equipos que por características propias de construcción o mantenimiento deben ser instalados como elementos complementarios de la red.

2.2.14 Tendido de conductores.

Se establecen las disposiciones tipo para el tendido de conductores, mostrándose las formas de fijación típicas del conductor a los diferentes tipos de aisladores.

2.2.15 Características de conductores.

Se muestran las características físicas y eléctricas de los diferentes tipos de conductores a utilizarse en el montaje de redes de distribución.

Para el diseño de las cámaras de transformación de las redes subterráneas, se aplico el mismo procedimiento antes mencionado, adquiriendo características, dimensionamiento en su construcción de las cámaras de transformación, sus instalaciones eléctricas tanto monofásicas y trifásicas, puestas a tierra y pozos de revisión.

2.3 Cálculos para la obtención de la demanda.

2.3.1 Categorización del cliente.

Dado que los parámetros para el diseño de redes de distribución de energía eléctrica en medio y bajo voltaje, se dan en función de la utilización de la energía eléctrica y asociada a la demanda por usuario, es necesario establecer una clasificación de los consumidores, de acuerdo a factores que determinan, en forma general, la incidencia de la demanda sobre la red de distribución.

Para la determinación del tipo de cliente se ha tomado en cuenta las características constructivas para proyectos y parámetros como el estándar de vida de los habitantes también los servicios que presenten como: calidad de vías, agua potable, alcantarillado y el consumo de energía son los factores principales que permiten establecer la siguiente categorización:

2.3.1.1 Categoría A.

Se considera en esta categoría a todos los usuarios que su consumo mensual sea igual o mayor a 351 Kwh, dentro de este rango se consideran a las zonas urbanísticas centrales y/o comerciales de los cantones las cabeceras cantonales de la provincia de Cotopaxi, también se toma en cuenta los proyectos residenciales que el proyectista las califique dentro de este tipo.

2.3.1.2 Categoría B.

Se considera dentro de esta categoría a los usuarios que su consumo mensual este entre los 111 a 350 Kwh, siendo los que habitan en la zona periférica de las ciudades y cantones.

2.3.1.3 Categoría C.

Se considera dentro de esta categoría a todos los usuarios que su consumo de energía mensual este entre los 51 a 110 Kwh.

2.3.1.4 Categoría D.

Se considera dentro de esta categoría a todos los usuarios que habiten en la zona rural teniendo en cuenta que su consumo sea igual o menos a 50 Kwh.

2.3.2 Recolección de datos.

Para la obtención de datos, se procedió a la recolección del número de medidor de energía eléctrica de los usuarios en distintos sectores tanto urbanos como rurales dentro del área de concesión de la empresa eléctrica.

Con los números de los medidores de los usuarios se procedió a la verificación en el sistema obteniendo el número de cuenta de la ELEPCO S. A., para obtener el consumo energético mensual en Kwh, y revisar el historial de consumo de cada uno de los usuarios registrados y proceder al respectivo cálculo.

2.3.3 Método REA.

El método REA (Rural Electrification Administration)²², en la aplicación de este método se utiliza el consumo mensual de energía eléctrica en Kwh, de los consumidores residenciales, con el cual obtenemos la potencia o demanda máxima unitaria de un grupo de consumidores mayores a 10 usuarios.

Para nuestro cálculo se utilizó 120 consumidores, tanto en redes aéreas y subterráneas por cada una de las categorías antes expuestas, teniendo en cuenta la capacidad de los transformadores.

El método expuesto fue difundido en la preparación académica en la Universidad Técnica de Cotopaxi, el cual fue acogido para la ejecución del presente proyecto.

La ecuación del método REA es la siguiente:

$$D_{\max} = \text{FactorA} * \text{FactorB}$$

Donde:

$$\text{FactorA} = n \left[1 - 0.4 * n + 0.4 * (n^2 + 40)^{0.5} \right]$$

²² REA (Administración Rural de Electrificación), Apuntes de octavo ciclo, Demandas máximas unitarias, Ing. Ernesto Abril.

$$FactorB = 0.005925 * (Ce)^{0.885}$$

Donde:

n= Numero de usuarios.

Ce= Consumidor especifico.

$$Ce = \frac{\sum Kwhmes}{n}$$

A continuación se muestra en el siguiente ejemplo la aplicación de la ecuación del método REA, en el cálculo de la demanda máxima para un usuario en la categoría A.

$$D \max = FactorA * FactorB$$

$$D \max = n \left[1 - 0.4 * n + 0.4 * (n^2 + 40)^{0.5} \right] * 0.005925 * (Ce)^{0.885}$$

$$D \max = 1 \left[1 - 0.4 * 1 + 0.4 * (1^2 + 40)^{0.5} \right] * 0.005925 * \left(\frac{798.6666}{1} \right)^{0.885}$$

$$D \max = 1 \left[1 - 0.4 + (6.403124237) \right] * 0.005925 * (370.3339)$$

$$D \max = 3.1612 * 2.1942$$

$$D \max = 6.9380$$

Para este caso, que se aplica REA para un usuario es necesario realizar una regla de tres simple como se muestra a continuación:

Si para 120 usuarios la sumatoria total de los consumos mensuales es de 95864 Kwh, para un usuario es 798.8666 Kwh.

En el siguiente cuadro se muestran los resultados de los cálculos de la aplicación del método REA, tanto para las categorías A, B, C y D, desde 1 a 120 usuarios como se procedió en el ejemplo anterior.

**CUADRO A14.1. CALCULO DE LA DEMANDA MÁXIMA UNITARIA
SEGÚN EL MÉTODO REA PARA LA CATEGORÍA (A)**

Número de usuarios	Consumo mensual actual	DMU (REA)	Número de usuarios	Consumo mensual actual	DMU (REA)	Número de usuarios	Consumo mensual actual	DMU (REA)
1	395	6,938	41	378	107,4369	81	641	195,3015
2	416	12,5244	42	387	109,6365	82	969	197,4969
3	386	17,1188	43	523	111,8355	83	455	199,6922
4	1784	21,0107	44	364	114,0344	84	755	201,8873
5	360	24,4151	45	406	116,2331	85	2697	204,0827
6	408	27,4838	46	492	118,4315	86	1452	206,2781
7	368	30,3203	47	1156	120,6297	87	888	208,4732
8	493	32,9947	48	841	122,8275	88	549	210,6684
9	547	35,5544	49	6942	125,0253	89	714	212,8637
10	533	38,0314	50	3927	127,2054	90	480	215,0589
11	415	40,448	51	547	129,4201	91	1387	217,254
12	418	42,8197	52	576	131,6175	92	2838	219,4492
13	447	45,1574	53	574	133,8146	93	1219	221,6443
14	375	47,4691	54	641	136,0115	94	997	223,8394
15	1920	49,7606	55	417	138,2084	95	371	226,0347
16	1040	52,0362	56	358	140,4051	96	722	228,2297
17	705	54,2986	57	617	142,6017	97	405	230,4248
18	703	56,5513	58	553	144,7982	98	537	232,6198
19	440	58,7956	59	443	146,9946	99	396	234,8149
20	656	61,0333	60	564	149,1911	100	1000	237,01
21	368	63,265	61	469	151,3873	101	450	239,205
22	1421	65,4925	62	693	153,5833	102	358	241,4001
23	440	67,7147	63	1246	155,7796	103	883	243,595
24	505	69,9357	64	591	157,9756	104	399	245,7902
25	384	72,1527	65	512	160,1716	105	417	247,9851
26	1058	74,3674	66	921	162,3676	106	393	250,18
27	391	76,5799	67	616	164,5634	107	423	252,3692
28	398	78,7906	68	496	166,9827	108	359	254,5701
29	351	80,9998	69	668	168,955	109	536	256,765
30	958	83,1963	70	597	171,1508	110	615	258,9599
31	363	85,4142	71	588	173,3464	111	990	261,155
32	381	87,6197	72	510	175,5422	112	438	263,3499
33	1055	89,8242	73	1500	177,7378	113	436	265,5449
34	876	92,0279	74	725	179,9334	114	1407	267,7398
35	343	94,2309	75	787	182,1289	115	1142	269,9347
36	595	96,4333	76	709	184,3243	116	413	272,1296
37	718	98,6351	77	537	186,5199	117	399	274,3246
38	522	100,8361	78	615	188,7152	118	1552	276,5195
39	523	103,0368	79	3765	190,9108	119	616	278,7144
40	621	105,2372	80	773	193,1062	120	1062	280,9113
SUMATORIA DEL CONSUMO DE 120 USUARIOS								95864

Elaborado por: Grupo de trabajo.
Fuente: Grupo de trabajo.

**CUADRO A14.2. CALCULO DE LA DEMANDA MÁXIMA UNITARIA
SEGÚN EL MÉTODO REA PARA LA CATEGORÍA (B)**

Número de usuarios	Consumo mensual actual	DMU (REA)	Número de usuarios	Consumo mensual actual	DMU (REA)	Número de usuarios	Consumo mensual actual	DMU (REA)
1	223	1,8638	41	108	28,8626	81	124	52,4671
2	132	3,3645	42	172	29,4535	82	272	53,0569
3	330	4,5988	43	183	30,0442	83	149	53,6466
4	122	5,6443	44	141	30,635	84	210	54,2364
5	241	6,5589	45	347	31,2256	85	119	54,8261
6	180	7,3833	46	118	31,8162	86	146	55,4159
7	212	8,1453	47	129	32,4067	87	116	56,0057
8	290	8,8638	48	188	32,9972	88	111	56,5954
9	163	9,5515	49	127	33,5876	89	111	57,1851
10	274	10,2169	50	118	34,178	90	111	57,7749
11	178	10,8661	51	141	34,7683	91	195	58,3646
12	309	11,5032	52	151	35,3586	92	111	58,9543
13	144	12,1312	53	271	35,9488	93	216	59,544
14	200	12,7523	54	180	36,539	94	252	60,1337
15	148	13,3679	55	154	37,1292	95	248	60,7234
16	132	13,9792	56	192	37,7193	96	247	61,3132
17	220	14,5871	57	138	38,3095	97	112	61,9028
18	184	15,1923	58	140	38,8995	98	144	62,4926
19	111	15,7952	59	152	39,4896	99	149	63,0823
20	184	16,3963	60	119	40,0797	100	205	63,6719
21	149	16,996	61	167	40,6697	101	115	64,2616
22	147	17,5943	62	121	41,2597	102	238	64,8538
23	201	18,1916	63	174	41,8497	103	255	65,441
24	127	18,788	64	173	42,4396	104	123	66,0307
25	123	19,3836	65	131	43,0296	105	177	66,6204
26	155	19,9785	66	147	43,6195	106	171	67,21
27	232	20,5729	67	230	44,2094	107	124	67,7997
28	185	21,1668	68	272	44,7993	108	183	68,3894
29	213	21,7603	69	188	45,3892	109	232	68,9791
30	120	22,3534	70	282	45,9791	110	188	69,5688
31	183	22,9462	71	122	46,569	111	126	70,1584
32	114	23,5387	72	194	47,1588	112	330	70,7481
33	299	24,131	73	121	47,7486	113	163	71,3378
34	120	24,723	74	261	48,3385	114	220	71,9274
35	161	25,3148	75	163	48,9283	115	240	72,5171
36	269	25,9065	76	206	49,5181	116	124	73,1067
37	190	26,4979	77	340	50,1079	117	112	73,6964
38	129	27,0893	78	175	50,6978	118	132	74,286
39	119	27,6805	79	210	51,2875	119	132	74,8757
40	200	28,2716	80	281	51,8773	120	337	75,4654
SUMATORIA DEL CONSUMO DE 120 USUARIOS								21710

Elaborado por: Grupo de trabajo.

Fuente: Grupo de trabajo.

**CUADRO A14.3. CALCULO DE LA DEMANDA MÁXIMA UNITARIA
SEGÚN EL MÉTODO REA PARA LA CATEGORÍA (C)**

Número de usuarios	Consumo mensual actual	DMU (REA)	Número de usuarios	Consumo mensual actual	DMU (REA)	Número de usuarios	Consumo mensual actual	DMU (REA)
1	102	0,9257	41	78	14,3359	81	90	26,0602
2	58	1,6711	42	91	14,6294	82	104	26,3531
3	90	2,2842	43	75	14,9229	83	106	26,6461
4	73	2,8035	44	92	15,2163	84	69	26,939
5	108	3,2578	45	83	15,5096	85	74	27,2319
6	58	3,6672	46	66	15,803	86	95	27,5249
7	89	4,0457	47	68	16,0963	87	93	27,8178
8	58	4,4026	48	81	16,3896	88	101	28,1107
9	80	4,7441	49	68	16,6828	89	101	28,4036
10	62	5,0747	50	80	16,9761	90	99	28,6965
11	93	5,3971	51	108	17,2693	91	92	28,9895
12	70	5,7136	52	77	17,5625	92	104	29,2824
13	83	6,0255	53	56	17,8556	93	102	29,5753
14	110	6,334	54	107	18,1488	94	101	29,8682
15	106	6,6398	55	72	18,4419	95	102	30,1611
16	69	6,9434	56	101	18,735	96	104	30,454
17	97	7,2453	57	87	19,0282	97	104	30,7469
18	95	7,5459	58	86	19,3212	98	108	31,0398
19	54	7,8454	59	100	19,6143	99	73	31,3327
20	80	8,144	60	85	19,9074	100	109	31,6256
21	97	8,4418	61	72	20,2005	101	100	31,9185
22	74	8,739	62	89	20,4935	102	74	32,2114
23	58	9,0357	63	106	20,7866	103	90	32,5043
24	54	9,3319	64	89	21,0796	104	59	32,7972
25	79	9,6277	65	71	21,3726	105	85	33,0901
26	106	9,9232	66	106	21,6656	106	70	33,383
27	82	10,2185	67	67	21,9586	107	65	33,6759
28	73	10,5135	68	62	22,2516	108	65	33,9688
29	65	10,8083	69	54	22,5446	109	59	34,2616
30	70	11,1029	70	53	22,8376	110	73	34,5545
31	52	11,3973	71	53	23,1306	111	96	34,8474
32	76	11,6916	72	103	23,4236	112	103	35,1403
33	74	11,9857	73	85	23,7166	113	57	35,4332
34	71	12,2798	74	109	24,0095	114	66	35,7261
35	66	12,5738	75	104	24,3025	115	66	36,019
36	90	12,8676	76	51	24,5955	116	59	36,3118
37	98	13,1614	77	64	24,8884	117	51	36,6047
38	80	13,4551	78	103	25,1814	118	67	36,8976
39	105	13,7488	79	103	25,4743	119	64	37,1905
40	93	14,0424	80	79	25,7673	120	64	37,4834
SUMATORIA DEL CONSUMO DE 120 USUARIOS								9846

Elaborado por: Grupo de trabajo.
Fuente: Grupo de trabajo.

**CUADRO A14.4. CALCULO DE LA DEMANDA MÁXIMA UNITARIA
SEGÚN EL MÉTODO REA PARA LA CATEGORÍA (D)**

Númer o de usuario s	Consum o mensual actual	DMU (REA)	Númer o de usuario s	Consum o mensual actual	DMU (REA)	Númer o de usuario s	Consum o mensual actual	DMU (REA)
1	10	0,3291	41	30	5,0963	81	46	9,2641
2	28	0,594	42	48	5,2006	82	18	9,3683
3	24	0,8172	43	38	5,3049	83	5	9,4724
4	18	0,9966	44	49	5,4092	84	43	9,5765
5	47	1,1581	45	27	5,5135	85	6	9,6807
6	23	1,3036	46	25	5,6178	86	2	9,7848
7	36	1,4382	47	30	5,7221	87	2	9,8889
8	41	1,5651	48	10	5,8263	88	15	9,9931
9	48	1,6865	49	20	5,9306	89	6	10,0972
10	11	1,804	50	14	6,0348	90	25	10,2013
11	17	1,9186	51	48	6,139	91	25	10,3055
12	32	2,0311	52	6	6,2433	92	18	10,4096
13	42	2,142	53	27	6,3475	93	8	10,5137
14	27	2,2516	54	19	6,4517	94	39	10,6178
15	17	2,3603	55	46	6,5559	95	12	10,722
16	10	2,4683	56	21	6,6601	96	28	10,8261
17	20	2,5756	57	35	6,7643	97	10	10,9302
18	33	2,6825	58	20	6,8685	98	4	11,0343
19	44	2,7889	59	20	6,9727	99	26	11,1385
20	44	2,8951	60	46	7,0769	100	24	11,2426
21	44	3,001	61	14	7,181	101	42	11,3467
22	44	3,1066	62	20	7,2852	102	6	11,4508
23	34	3,2121	63	48	7,3894	103	5	11,5549
24	50	3,3174	64	10	7,4936	104	5	11,6591
25	31	3,4225	65	19	7,5977	105	14	11,7632
26	31	3,5276	66	43	7,7019	106	4	11,8673
27	5	3,6325	67	44	7,8061	107	10	11,9714
28	23	3,7374	68	50	7,9102	108	12	12,0756
29	6	3,8422	69	20	8,0144	109	6	12,1797
30	11	3,9469	70	31	8,1185	110	26	12,2838
31	25	4,0516	71	41	8,2227	111	25	12,3879
32	24	4,1562	72	17	8,3268	112	64	12,492
33	32	4,2608	73	20	8,431	113	50	12,5961
34	7	4,3653	74	28	8,5351	114	44	12,7003
35	3	4,4698	75	34	8,6393	115	23	12,8044
36	7	4,5743	76	5	8,7434	116	45	12,9085
37	23	4,6787	77	28	8,8476	117	22	13,0126
38	16	4,7831	78	26	8,9517	118	32	13,1167
39	35	4,8875	79	39	9,0559	119	46	13,2208
40	18	4,9919	80	28	9,16	120	32	13,325
SUMATORIA DEL CONSUMO DE 120 USUARIOS								3060

Elaborado por: Grupo de trabajo.

Fuente: Grupo de trabajo.

2.3.4 Cálculo de la tasa de incremento.

Para efectos de diseño debe considerarse los incrementos de la demanda que tendrá lugar durante el periodo de vida útil de la instalación que en casos de las redes de distribución en aéreas residenciales, se originan en la intensificación progresiva en el uso de artefactos domésticos y por el incremento de nuevos usuarios. Se expresa por un valor índice acumulativo anual “Ti”, el cual permite determinar el valor de la demanda máxima unitaria proyectada (DMUp), para el periodo de “n” años, a continuación en el cuadro se indican las tasas de incrementos anuales (Ti) en las distintas categorías:

CUADRO A15. TASA DE INCREMENTO ANUAL.

CATEGORIAS	Sumatoria del consumo mensual hace un año de 120 usuarios (Kwh)	Sumatoria del consumo mensual actual de 120 usuarios (Kwh)	Ti (%)
A	79554	95864	1,205
B	20083	21710	1,081
C	9079	9846	1,084
D	2455	3060	1,246

Elaborado por: Grupo de trabajo.
Fuente: Grupo de trabajo.

2.3.5 Cálculo de la demanda máxima unitaria proyectada.

Para proceder al cálculo de la demanda máxima unitaria proyectada (DMUp)²³, se emplea la siguiente expresión, obtenida de las guías de diseño de la Empresa Eléctrica Quito, proyectando a 10 años en nuestro calculo.

$$DMUp = DMU * \left(\frac{1 + Ti}{100} \right)^n$$

Donde:

DMU= Demanda máxima unitaria (Método REA)

Ti= Tasa de incremento anual.

n= periodo de años.

A continuación se muestra en el siguiente ejemplo la aplicación de la ecuación para determinar la demanda máxima unitaria proyectada a 10 años, para un usuario en la categoría A, teniendo en cuenta la tasa de incremento anual según la categoría correspondiente.

$$DMUp = DMU * \left(\frac{1 + Ti}{100} \right)^n$$

$$DMUp = 6.938 * \left(\frac{1 + 1.205}{100} \right)^{10}$$

$$DMUp = 7.82$$

Donde:

DMUp = Demanda máxima unitaria proyectada.

Las demandas máximas unitarias proyectadas (DMUp), tanto para las distintas categorías se muestran tabuladas en el siguiente cuadro, de acuerdo al ejemplo antes presentado:

²³ Normas para sistemas de distribución parte A: Guía de diseño, Empresa Eléctrica Quito, Editorial EEQSA 1994.

**CUADRO A16.1. DEMANDA MÁXIMA UNITARIA PROYECTADA A 10
AÑOS PARA LA CATEGORÍA (A).**

Número de usuarios	DMUp (10 años)	Número de usuarios	DMUp (10 años)	Número de usuarios	DMUp (10 años)
1	7,82	41	121,1	81	220,14
2	14,12	42	123,58	82	222,62
3	19,3	43	126,06	83	225,09
4	23,68	44	128,54	84	227,57
5	27,52	45	131,02	85	230,04
6	30,98	46	133,5	86	232,52
7	34,18	47	135,97	87	234,99
8	37,19	48	138,45	88	237,47
9	40,08	49	140,93	89	239,94
10	42,87	50	143,39	90	242,41
11	45,59	51	145,88	91	244,89
12	48,27	52	148,36	92	247,36
13	50,9	53	150,84	93	249,84
14	53,51	54	153,31	94	252,31
15	56,09	55	155,79	95	254,79
16	58,66	56	158,26	96	257,26
17	61,21	57	160,74	97	259,73
18	63,74	58	163,22	98	262,21
19	66,27	59	165,69	99	264,68
20	68,8	60	168,17	100	267,16
21	71,31	61	170,64	101	269,63
22	73,82	62	173,12	102	272,11
23	76,33	63	175,59	103	274,58
24	78,83	64	178,07	104	277,05
25	81,33	65	180,55	105	279,53
26	83,83	66	183,02	106	282
27	86,32	67	185,5	107	284,47
28	88,81	68	188,22	108	286,95
29	91,3	69	190,45	109	289,43
30	93,78	70	192,92	110	291,9
31	96,28	71	195,4	111	294,37
32	98,76	72	197,87	112	296,85
33	101,25	73	200,35	113	299,32
34	103,73	74	202,82	114	301,8
35	106,22	75	205,3	115	304,27
36	108,7	76	207,77	116	306,74
37	111,18	77	210,25	117	309,22
38	113,66	78	212,72	118	311,69
39	116,14	79	215,19	119	314,17
40	118,62	80	217,67	120	316,64

Elaborado por: Grupo de trabajo.
Fuente: Grupo de trabajo.

CUADRO A16.2. DEMANDA MÁXIMA UNITARIA PROYECTADA A 10 AÑOS PARA LA CATEGORÍA (B).

Número de usuarios	DMUp (10 años)	Número de usuarios	DMUp (10 años)	Número de usuarios	DMUp (10 años)
1	2,07	41	32,14	81	58,42
2	3,73	42	32,8	82	59,08
3	5,1	43	33,45	83	59,74
4	6,27	44	34,11	84	60,39
5	7,3	45	34,8	85	61,05
6	8,22	46	35,43	86	61,71
7	9,07	47	36,08	87	62,36
8	9,87	48	36,74	88	63,02
9	10,64	49	37,4	89	63,68
10	11,38	50	38,06	90	64,33
11	12,1	51	38,71	91	64,99
12	12,81	52	39,37	92	65,65
13	13,51	53	40,03	93	66,3
14	14,2	54	40,69	94	66,96
15	14,87	55	41,34	95	67,62
16	15,57	56	42	96	68,27
17	16,24	57	42,66	97	68,93
18	16,92	58	43,31	98	69,59
19	17,59	59	43,97	99	70,24
20	18,26	60	44,63	100	70,9
21	18,93	61	45,29	101	71,56
22	19,59	62	45,94	102	72,21
23	20,26	63	46,6	103	72,87
24	20,92	64	47,26	104	73,53
25	21,58	65	47,91	105	74,18
26	22,25	66	48,57	106	74,84
27	22,91	67	49,23	107	75,49
28	23,57	68	49,88	108	76,15
29	24,23	69	50,54	109	76,81
30	24,89	70	51,2	110	77,46
31	25,55	71	51,85	111	78,12
32	26,21	72	52,51	112	78,78
33	26,87	73	53,17	113	79,43
34	27,53	74	53,82	114	80,09
35	28,19	75	54,48	115	80,75
36	28,85	76	55,14	116	81,4
37	29,51	77	55,8	117	82,06
38	30,16	78	56,45	118	82,72
39	30,82	79	57,11	119	83,37
40	31,48	80	57,8	120	84,03

Elaborado por: Grupo de trabajo.
Fuente: Grupo de trabajo.

CUADRO A16.3. DEMANDA MÁXIMA UNITARIA PROYECTADA A 10 AÑOS PARA LA CATEGORÍA (C).

Número de usuarios	DMUp (10 años)	Número de usuarios	DMUp (10 años)	Número de usuarios	DMUp (10 años)
1	1,0311	41	15,9685	81	29,0281
2	1,8614	42	16,2955	82	29,3543
3	2,5443	43	16,6224	83	29,6807
4	3,1227	44	16,9492	84	30,007
5	3,6288	45	17,2759	85	30,3332
6	4,0848	46	17,6027	86	30,6596
7	4,5064	47	17,9294	87	30,9859
8	4,904	48	18,2561	88	31,3121
9	5,2843	49	18,5825	89	31,6384
10	5,6526	50	18,9094	90	31,9646
11	6,0117	51	19,236	91	32,291
12	6,3643	52	19,5626	92	32,6173
13	6,7117	53	19,8891	93	32,9435
14	7,0553	54	20,2157	94	33,2698
15	7,3959	55	20,5422	95	33,596
16	7,7341	56	20,8686	96	33,9223
17	8,0704	57	21,1952	97	34,2485
18	8,4052	58	21,5216	98	34,5748
19	8,7388	59	21,8481	99	34,9011
20	9,0715	60	22,1746	100	35,2273
21	9,4032	61	22,501	101	35,5536
22	9,7342	62	22,8274	102	35,8798
23	10,0647	63	23,1539	103	36,2061
24	10,3946	64	23,4803	104	36,5323
25	10,7241	65	23,8066	105	36,8586
26	11,0533	66	24,133	106	37,1849
27	11,3822	67	24,4594	107	37,5111
28	11,7108	68	24,7857	108	37,8374
29	12,0392	69	25,1121	109	38,1635
30	12,3673	70	25,4385	110	38,4898
31	12,6953	71	25,7648	111	38,816
32	13,0231	72	26,0912	112	39,1423
33	13,3507	73	26,4176	113	39,4686
34	13,6783	74	26,7438	114	39,7948
35	14,0058	75	27,0702	115	40,1211
36	14,333	76	27,3966	116	40,4472
37	14,6603	77	27,7228	117	40,7735
38	14,9874	78	28,0492	118	41,0997
39	15,3146	79	28,3756	119	41,426
40	15,6416	80	28,7018	120	41,7522

Elaborado por: Grupo de trabajo.
Fuente: Grupo de trabajo.

CUADRO A16.4. DEMANDA MÁXIMA UNITARIA PROYECTADA A 10 AÑOS PARA LA CATEGORÍA (D).

Número de usuarios	DMUp (10 años)	Número de usuarios	DMUp (10 años)	Número de usuarios	DMUp (10 años)
1	0,3724	41	5,7683	81	10,4857
2	0,6723	42	5,8863	82	10,6036
3	0,9249	43	6,0044	83	10,7215
4	1,128	44	6,1225	84	10,8393
5	1,3108	45	6,2405	85	10,9572
6	1,4755	46	6,3586	86	11,0751
7	1,6278	47	6,4766	87	11,1929
8	1,7714	48	6,5946	88	11,3108
9	1,9088	49	6,7126	89	11,4287
10	2,0418	50	6,8305	90	11,5465
11	2,1716	51	6,9485	91	11,6644
12	2,2989	52	7,0665	92	11,7822
13	2,4244	53	7,1845	93	11,9001
14	2,5485	54	7,3024	94	12,0179
15	2,6715	55	7,4204	95	12,1358
16	2,7937	56	7,5383	96	12,2537
17	2,9152	57	7,6562	97	12,3715
18	3,0362	58	7,7742	98	12,4893
19	3,1566	59	7,8921	99	12,6073
20	3,2768	60	8,0101	100	12,7251
21	3,3967	61	8,1279	101	12,8429
22	3,5162	62	8,2458	102	12,9607
23	3,6356	63	8,3638	103	13,0786
24	3,7548	64	8,4817	104	13,1965
25	3,8738	65	8,5995	105	13,3143
26	3,9927	66	8,7175	106	13,4322
27	4,1115	67	8,8354	107	13,55
28	4,2302	68	8,9533	108	13,6679
29	4,3488	69	9,0712	109	13,7858
30	4,4673	70	9,189	110	13,9036
31	4,5858	71	9,307	111	14,0214
32	4,7042	72	9,4248	112	14,1392
33	4,8226	73	9,5427	113	14,2571
34	4,9409	74	9,6606	114	14,375
35	5,0592	75	9,7785	115	14,4928
36	5,1775	76	9,8963	116	14,6107
37	5,2956	77	10,0143	117	14,7285
38	5,4138	78	10,1321	118	14,8463
39	5,532	79	10,25	119	14,9642
40	5,6501	80	10,3679	120	15,0821

Elaborado por: Grupo de trabajo.
Fuente: Grupo de trabajo.

2.3.6 Cálculo del factor de diversidad.

Para el cálculo del factor de diversidad aplicamos la siguiente expresión, la cual fue expuesta durante el transcurso académico en la Universidad Técnica de Cotopaxi.

A continuación se muestra en el siguiente ejemplo el procedimiento para el cálculo del factor de diversidad.²⁴

Factor de diversidad para un usuario:

$$FD_1 = \frac{1 * 7.82}{7.82}$$

$$FD_1 = 1$$

Donde:

FD = Factor de diversidad.

Factor de diversidad para dos usuarios:

$$FD_2 = \frac{2 * 7.82}{14.12}$$

$$FD_2 = 1.11$$

Siguiendo el procedimiento de los ejemplos antes expuesto para calcular el factor de diversidad, a continuación se muestra en el siguiente cuadro los datos tabulados del factor de diversidad, los cuales se realizan con las demandas máximas unitarias proyectadas de la categoría A.

²⁴ Ecuación obtenida y explicada por el Ing. Ernesto Abril, Docente de la UTC.

CUADRO A17. FACTOR DE DIVERSIDAD.

Número de usuarios	DMUp (10 años)	Factor de Diversidad	Número de usuarios	DMUp (10 años)	Factor de Diversidad	Número de usuarios	DMUp (10 años)	Factor de Diversidad
1	7,82	1	41	121,1	2,65	81	220,14	2,88
2	14,12	1,11	42	123,58	2,66	82	222,62	2,88
3	19,3	1,22	43	126,06	2,67	83	225,09	2,88
4	23,68	1,32	44	128,54	2,68	84	227,57	2,89
5	27,52	1,42	45	131,02	2,69	85	230,04	2,89
6	30,98	1,51	46	133,5	2,69	86	232,52	2,89
7	34,18	1,6	47	135,97	2,7	87	234,99	2,9
8	37,19	1,68	48	138,45	2,71	88	237,47	2,9
9	40,08	1,76	49	140,93	2,72	89	239,94	2,9
10	42,87	1,82	50	143,39	2,73	90	242,41	2,9
11	45,59	1,89	51	145,88	2,73	91	244,89	2,91
12	48,27	1,94	52	148,36	2,74	92	247,36	2,91
13	50,9	1,99	53	150,84	2,75	93	249,84	2,91
14	53,51	2,05	54	153,31	2,75	94	252,31	2,91
15	56,09	2,09	55	155,79	2,76	95	254,79	2,92
16	58,66	2,13	56	158,26	2,77	96	257,26	2,92
17	61,21	2,17	57	160,74	2,77	97	259,73	2,92
18	63,74	2,21	58	163,22	2,78	98	262,21	2,92
19	66,27	2,24	59	165,69	2,78	99	264,68	2,92
20	68,8	2,27	60	168,17	2,79	100	267,16	2,93
21	71,31	2,3	61	170,64	2,8	101	269,63	2,93
22	73,82	2,33	62	173,12	2,8	102	272,11	2,93
23	76,33	2,36	63	175,59	2,81	103	274,58	2,93
24	78,83	2,38	64	178,07	2,81	104	277,05	2,94
25	81,33	2,4	65	180,55	2,82	105	279,53	2,94
26	83,83	2,43	66	183,02	2,82	106	282	2,94
27	86,32	2,45	67	185,5	2,82	107	284,47	2,94
28	88,81	2,47	68	188,22	2,83	108	286,95	2,94
29	91,3	2,48	69	190,45	2,83	109	289,43	2,95
30	93,78	2,5	70	192,92	2,84	110	291,9	2,95
31	96,28	2,52	71	195,4	2,84	111	294,37	2,95
32	98,76	2,53	72	197,87	2,85	112	296,85	2,95
33	101,25	2,55	73	200,35	2,85	113	299,32	2,95
34	103,73	2,56	74	202,82	2,85	114	301,8	2,95
35	106,22	2,58	75	205,3	2,86	115	304,27	2,96
36	108,7	2,59	76	207,77	2,86	116	306,74	2,96
37	111,18	2,6	77	210,25	2,86	117	309,22	2,96
38	113,66	2,61	78	212,72	2,87	118	311,69	2,96
39	116,14	2,63	79	215,19	2,87	119	314,17	2,96
40	118,62	2,64	80	217,67	2,87	120	316,64	2,96

Elaborado por: Grupo de trabajo.
Fuente: Grupo de trabajo.