

UNIVERSIDAD DE CUENCA



FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

“INSTRUCTIVO PARA LA ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE REDES DE DISTRIBUCIÓN E INSTALACIONES INTERIORES APLICABLES EN LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTRO SUR C.A.”

Trabajo de titulación previa a la obtención del
Título de Ingeniero Eléctrico.

AUTORES:

DANIEL SANTIAGO CARPIO PAUTA

C.I: 0105269591

DIEGO FERNANDO MARÍN IÑIGUEZ

C.I: 0104710728

DIRECTOR:

ING. RODRIGO E. SEMPÉRTEGUI ÁLVAREZ

C.I: 0101868552

TUTORES:

ING. ENRIQUE MOLINA ALVARADO, M.Sc.

C.I: 0102017084

ING. EDUARDO SEMPÉRTEGUI CAÑIZARES, M.Sc.

C.I: 0101550978

CUENCA – ECUADOR

2017



RESUMEN

Las normas y códigos eléctricos ayudan a un mejor desarrollo de los procedimientos de diseño y construcción de las instalaciones eléctricas internas, así como la implementación de redes de distribución aéreas y subterráneas las cuales deben satisfacer de manera eficiente las necesidades de los usuarios; por ello, este documento proporciona una herramienta para diseños, a ser empleada en el área de concesión de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A.

El Código Eléctrico Nacional, la Agencia de Regulación y Control de la Electricidad (ARCONEL), el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), la normativa eléctrica colombiana RETIE y especificaciones técnicas internacionales, son citados en este documento; permitiendo estandarizar criterios y normas garantizando la comprensión y uso por parte de los usuarios.

Las instalaciones eléctricas internas transportan y distribuyen la energía eléctrica, desde el punto de suministro hasta los equipos dependientes de ésta. Es importante aplicar los reglamentos que garantizan un buen, duradero y seguro funcionamiento, y cuidar nuestra integridad física mediante el uso de protecciones.

Los sistemas de distribución tanto aéreos como subterráneos permiten que la energía eléctrica llegue a los lugares de consumo, por este motivo su correcto dimensionamiento está ligado a seguir ciertas normas y criterios que ayuden a mantener los niveles de voltaje, reducir las pérdidas; garantizando confiabilidad y permitiendo los usuarios tener una energía de calidad, y por ende alcanzar estándares manejados por las empresas distribuidoras.

Palabras Claves: Instructivo, Norma, Usuario, Instalaciones, Interiores, Redes, Aéreas, Subterráneas, CENTROSUR.



ABSTRACT

The procedure and electrical codes help to a better development of the procedures of design and construction of the electrical internal facilities, as well as the implementation of air and underground networks of distribution which must satisfy in an efficient way the needs of the users; for it, this document provides a tool for designs, to being used in the area of concession of the Electrical Regional Company Centro Sur C.A.

The Electrical National Code, the Agency of Regulation and Control of the Electricity (ARCONEL), the Department of Electricity and Renewable Energy (MEER), the electrical Colombian regulation RETIE and technical international specifications, are mentioned in this document; allowing to standardize criteria and procedure guaranteeing the comprehension and use on the part of the users.

The electrical internal facilities transport and distribute the electric power, from the point of supply up to the equipment dependent on this one. It is important to apply the regulations that guarantee a good, lasting and sure functioning, and to take care of our physical integrity by means of the protection use.

The distribution systems so much air as undergrounds, allow that the electric power should come to the places of consumption, for this motive his correct resize is tied to being still certain only and criteria that should help to support the levels of voltage, to reduce the losses; guaranteeing reliability and allowing the users to have a quality energy, and for this reach standards handled by the distribution companies.

Keywords: Instructive, Norm, User, Facilities, Interiors, Networks, Air, Underground, CENTROSUR.



**EL PRESENTE TRABAJO DE TITULACIÓN
HA SIDO DESARROLLADO BAJO EL CONVENIO
ENTRE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA Y
LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL
CENTRO SUR C.A.**



ÍNDICE

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
ÍNDICE	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	11
ÍNDICE DE TABLAS	13
AGRADECIMIENTO	20
CAPÍTULO I	21
1. INTRODUCCIÓN.....	21
1.1.- Antecedentes.....	21
1.2.- Justificación	22
1.3.- Alcance	23
1.4.- Objetivo General.....	23
1.5.- Objetivos Específicos	24
CAPÍTULO II	25
2. LINEAMIENTOS GENERALES PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS	25
2.1.- Objetivo del capítulo.....	25
2.2.- Alcance	25
2.3.- Área de concesión	25
2.5.- Abreviaturas	29
2.6.- Voltajes de servicio.....	32
2.6.1.- Servicio en Bajo voltaje.....	32
2.6.1.1.- Sistema monofásico	32
2.6.1.2.- Sistema trifásico	32
2.6.2.- Servicio en Medio voltaje.....	32
2.7.- Simbología y nomenclatura.....	33
2.8.- Señalización de seguridad.....	33
2.8.1.- Clasificación de las señales de seguridad.....	33
2.9.- Revisión de diseño	34
2.9.1.- Presentación del diseño.....	34
2.9.2.- Contenido del Diseño.....	35
2.9.3.- Revisión.....	36
2.9.4.- Aprobación	36
CAPÍTULO III	37



3. CONSIDERACIONES PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS INTERIORES EN EDIFICACIONES	37
3.1.- Objetivo de Capítulo	37
3.2.- Alcance	37
3.3.- Diseño de instalaciones interiores	37
3.3.1.- Factores que intervienen en el dimensionamiento de las instalaciones eléctricas en edificaciones	38
3.3.1.1.- Factor de demanda [8]	39
3.3.1.2.- Factores de coincidencia [8]	39
3.3.1.3.- Factor de potencia:	42
3.3.2.- Circuitos de iluminación	42
3.3.2.1.- Salidas mínimas de alumbrado [10]	42
3.3.3.- Circuitos de fuerza	43
3.3.4.- Cargas especiales (Cocinas de inducción, ducha eléctrica, entre otras)	44
3.3.4.1.- Cocinas de inducción [10]	44
3.3.4.2.- Duchas eléctricas	45
3.3.4.3.- Calentamiento centralizado de agua	45
3.3.4.4.- Lavadoras y secadoras	46
3.3.5.- Bombas contra incendio	46
3.3.6.- Máquinas en fábricas, talleres, etc.	46
3.4.- Banco de ductos (ductería) y cajetines	47
3.5.- Código de colores para conductores	48
3.6.- Empalmes	48
3.7.- Tablero de Distribución (acometidas internas)	48
3.8.- Conexión a Tierra	49
3.8.1.- Elementos de la conexión a tierra	50
3.8.2.- Resistencia en la conexión a tierra	50
3.8.3.- Revisión de la Puesta a Tierra	51
3.9.- Determinación de las Protecciones de los Circuitos	51
3.10.-Tableros de medición [15]	53
3.11.- Acometidas externas (Conexión a la red de Distribución) [16]	53
3.11.1.- Continuidad	53
3.11.2.- Características de una acometida	53
3.11.3.- Clasificación de las acometidas	54
3.11.3.1.- Acometidas dependiendo de la cantidad de medidores y su tipo de ingreso [17]	54
3.11.3.2.- Acometidas según el transformador a ser conectados [18]	55
CAPÍTULO IV	58



4. DIMENSIONAMIENTO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN	58
4.1.- Objetivo del capítulo.....	58
4.2.- Alcance	58
4.3.- Determinación de la capacidad del transformador	58
4.3.1.- Cálculo de la demanda	59
4.3.1.1 Demanda de los equipos de uso general	59
4.3.1.2 Demanda de las cocinas de inducción.....	62
4.3.1.3 Demanda Máxima de Diseño (usos generales y cocinas de inducción)	66
4.3.1.4.- Aplicación de la metodología para el cálculo de la demanda	68
4.3.3.- Dimensionamiento de transformadores	70
4.3.3.1.- Para el caso de edificaciones o condominios	70
4.3.3.2.- Para el caso de lotizaciones o urbanizaciones.....	70
4.3.4.- Clasificación de los transformadores.....	70
4.3.4.1.- Transformadores monofásicos.....	70
4.3.4.2.- Transformadores trifásicos.....	71
4.3.4.3.- Tipos de transformadores	71
4.3.5.- Protecciones de los transformadores	71
4.4.- Metodología aplicada para el cálculo del factor de caída de voltaje (FDV) [20] ...	73
4.4.1.- Cálculo de FDV en redes preensambladas	73
4.4.2.- Cálculo de FDV en redes aéreas	75
4.5.- Caídas de voltaje admisibles en redes de distribución aéreas.....	77
4.6.- Criterios generales para el diseño de redes de distribución.....	80
4.6.1.- Distancias de seguridad [21]	81
4.6.2.- Distancias mínimas de seguridad	82
4.6.3.- Distancias mínimas de seguridad de conductores a edificaciones	82
4.6.4.- Distancia de conductores a otras estructuras de soporte.....	83
4.6.5.- Distancias de seguridad conductores adheridos a edificaciones.....	83
4.7.- Alumbrado público [25]	85
4.7.1.- Clase de Iluminación según las vías (vías motorizadas)	86
4.7.1.1.- Parámetros fotométricos	86
4.7.1.2.- Variaciones temporales de la clase de iluminación de acuerdo con la densidad de tráfico	86
4.7.2.- Clase de iluminación según tipo de vías (vías peatonales).....	88
4.7.2.1.- Parámetros fotométricos	88
4.7.3.- Circuitos de alumbrado Público	90
CAPÍTULO V	92
5. CONSIDERACIONES APLICADAS A REDES SUBTERRÁNEAS [5]	92
5.1.- Objetivo del capítulo.....	92



5.2.- Alcance	92
5.3.- Requerimientos para la implementación de una red subterránea [3]	92
5.3.1.- Diseño de una red subterránea	93
5.3.2.- Topología de la red	94
5.3.3.- Condiciones para emplazar transformadores	94
5.4.- Criterio para la obtención del FDV en redes subterráneas [20].....	95
5.5.- Caídas de voltaje admisibles en redes de distribución subterránea	100
5.6.- Pozos de revisión [5].....	100
5.6.1.- Consideraciones	101
5.6.2.- Tipos de pozos	101
5.6.3.- Dimensiones.....	102
5.6.4.- Tapas de hormigón.....	104
5.6.5.- Soportes	105
5.6.6.- Nomenclatura (Pozos)	106
5.7.- Transición aérea – subterránea.....	106
5.7.1.- Transición subterránea de Medio Voltaje.....	107
5.7.2.- Transición subterránea de Bajo Voltaje.....	112
5.8.- Banco de ductos [5].....	112
5.8.1.- Características de los ductos	112
5.8.2.- Configuración de ductos.....	113
5.8.3.- Separadores de tubería	113
5.8.4.- Cinta de señalización.....	114
5.8.5.- Profundidad	114
5.8.6.- Ancho de la zanja.....	115
5.8.7.- Conductores Subterráneos	115
5.8.8.- Estructuras Subterráneas (Banco de ductos).....	117
5.10.- Transformadores [5].....	119
5.10.1.- Tipos de Transformadores	119
5.10.1.1.-Transformadores tipo sumergible	119
5.10.1.2.- Transformadores tipo pedestal (Padmounted).....	121
5.10.1.3.- Transformador de frente muerto	125
5.10.1.4.- Transformador de cabina convencional.....	126
5.10.2.- Zanja de recolección de aceite.....	126
5.10.3.- Distancias de seguridad	127
5.10.4.- Equipos de seccionamiento y protección.....	128
5.10.4.1.- Celdas de medio voltaje aisladas en SF6.....	128
5.11.- Cámaras eléctricas subterráneas [5]	129



5.11.1.- Cámaras sobrepuestas (preensambladas)	130
5.11.2.- Cámaras de barrajes	131
5.11.3.- Acceso a los equipos dentro de las cámaras eléctricas	131
5.11.4.- Sistema de ventilación	132
5.11.5.- Equipos de maniobra y protección	132
5.12.- Obra eléctrica [5]	132
5.12.1- Iluminación interior y tomacorrientes	132
5.12.2.- Sistema de puesta a tierra:.....	133
5.13.- Conectores aislados separables [5].....	134
5.13.1.- Boquilla tipo pozo	134
5.13.2.- Boquilla tipo inserto	135
5.13.3.- Conector tipo inserto doble	135
5.13.4.- Conector tipo codo	135
5.13.5.- Conector tipo T	136
5.13.6.- Codo portafusible	137
5.13.7.- Barrajes desconectables	138
5.13.8.- Barrajes sumergibles	138
5.13.9.- Descargador o pararrayos tipo codo.....	139
5.14.- Empalmes [5].....	140
5.14.1.- Empalmes de medio voltaje	140
5.14.2.- Empalmes de bajo voltaje.....	140
5.15.- Cables [5].....	141
5.15.1.- Para red de Medio Voltaje (MV)	141
5.15.2.- Para red de Bajo Voltaje (BV)	143
5.16.- Acometidas domiciliarias [5].....	143
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	145
CONCLUSIONES	145
RECOMENDACIONES	146
BIBLIOGRAFÍA	147
ANEXOS	149
Anexo A. Área de concesión de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. – EERCSCA.	149
Anexo B. Simbología según la norma IEC 60617.....	152
Anexo C. Norma Técnica Ecuatoriana INEN – ISO 3864-1:2013.....	156
Anexo D. Diagrama unifilar con el detalle característico de cada circuito.....	163
Anexo E. Formato de observaciones.....	164
Anexo F. Valores de iluminación en puestos de trabajo en interiores	165
Anexo G. Cajas metálicas normalizadas	170



Anexo H. Demanda por estrato para equipos de usos generales en viviendas.....	184
Anexo I. Demanda con cocinas de inducción – <i>DMDNCI</i>	189
Anexo J. Demanda de máxima de diseño (Usos generales y cocinas de inducción)	191
Anexo K. Formato para presentación de los cálculos en redes existentes y proyectadas....	196
Anexo L. Cámaras eléctricas para transformadores < 24kV	198
Anexo M. Cámaras de barrajes (Pozos tipo E).....	201
Anexo N. Modelo de transformador padmounted sin zanja de recolección de aceite.....	203



ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 3.1. Factores de coincidencia.....	41
Ilustración 3.2. Toma de tipo NEMA 10-50R.....	45
Ilustración 3.3. Tableros de distribución eléctrica tipo panel.	49
Ilustración 3.4. Niveles de protecciones [14].....	52
Ilustración 4.1. Curva “Number of consumers” del Electric Utility Engineering	61
Ilustración 4.2. Factores de demanda y cargas para estufas eléctricas domésticas, hornos de pared, parrillas eléctricas montadas en la superficie del mueble de cocina y otros aparatos de cocción de las de 1.75 kW	63
Ilustración 4.3. Demanda máxima diversificada promedio de cocinas, refrigeradores y equipos varios	64
Ilustración 4.4. Curva “Number of consumers” del Electric Utility Engineering	67
Ilustración 4.5. Proyecto a analizar.....	69
Ilustración 4.6. Ubicación del predio y transformador más cercano.....	78
Ilustración 4.7. Modelo para análisis de las redes del transformador 29114	79
Ilustración 5.1. Configuración del conductor de medio voltaje existente a 6.3 kV	96
Ilustración 5.2. Configuración de la red de medio y bajo voltaje en ductos de 110 mm	97
Ilustración 5.3. Configuración de la red de bajo voltaje de un ducto de 110 mm.....	99
Ilustración 5.4. Pozos vista lateral	103
Ilustración 5.5. Pozos vista superior.....	103
Ilustración 5.6. Pozos vista superior y lateral.....	104
Ilustración 5.7. Tapas de pozos	105
Ilustración 5.8. Soportes pozos	105
Ilustración 5.9. Soportes interiores de los pozos.....	106
Ilustración 5.10. Transición Aérea – Subterránea Trifásica	108
Ilustración 5.11. Transición Aérea – Subterránea Monofásica.....	110
Ilustración 5.12. Señalización de seguridad.....	114
Ilustración 5.13. Transformador sumergible vista superior y lateral	120
Ilustración 5.14. Transformador sumergible	121
Ilustración 5.15. Transformador Padmounted.....	122
Ilustración 5.16. Transformador Padmounted corte base	123
Ilustración 5.17. Transformador Padmounted corte superior depende de la potencia.....	123
Ilustración 5.18. Posición de Tap “ABC”	124
Ilustración 5.19. Posición de Tap “AC”	124
Ilustración 5.20. Posición de Tap “AB”	125
Ilustración 5.21. Posición de Taps “BC”	125
Ilustración 5.22. Transformador convencional para redes subterráneas.....	126
Ilustración 5.23. Zanja de recolección de aceite corte base	127
Ilustración 5.24. Zanja de recolección de aceite corte superior	127
Ilustración 5.25. Distancias de seguridad en padmounted	128
Ilustración 5.26. Escalerilla y ubicación para acceso a cámaras subterráneas	131
Ilustración 5.27. Boquilla tipo pozo	134
Ilustración 5.28. Boquilla tipo inserto.....	135
Ilustración 5.29. Boquilla tipo inserto doble	135
Ilustración 5.30. Conector tipo codo	136
Ilustración 5.31. Conector tipo T	137
Ilustración 5.32. Conector tipo T	137



Ilustración 5.33. Barrajes desconectables	138
Ilustración 5.34. Barrajes sumergibles para BV	138
Ilustración 5.35. Descargadores o pararrayos tipo codo	139
Ilustración 5.36. Cable para MV	142
Ilustración 5.37. Cable para BV	143
Ilustración A.1. Área de concesión de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A.	150
Ilustración A.2. División de áreas de concesión en el cantón Cuenca.....	151
Ilustración C.1. Señales de seguridad	156
Ilustración C.2. Señales de seguridad.....	157
Ilustración C.3. Señales de seguridad.....	158
Ilustración C.4. Señales de seguridad.....	159
Ilustración C.5. Señales de seguridad.....	160
Ilustración C.6. Señales de seguridad.....	161
Ilustración C.7. Señales de seguridad.....	162
Ilustración D.1. Representación del diagrama unificar	163
Ilustración E.1. Formato de observación por parte de EERCSCA.	164
Ilustración G.1. Tablero metálico para un medidor	170
Ilustración G.2. Tablero Metálico para 2 medidores	171
Ilustración G.3. Tablero Metálico para 3 medidores bifásico.....	172
Ilustración G.4. Tablero Metálico para 3 medidores trifásicos.....	173
Ilustración G.5. Tablero Metálico para 4 medidores	174
Ilustración G.6. Tablero Metálico para 6 medidores	175
Ilustración G.7. Tablero Metálico para 20 medidores	176
Ilustración G.8. Tablero Metálico para medidor trifásico alpha 1000	177
Ilustración G.9. Tablero Metálico para medidor estático clase 100FM 16A.....	178
Ilustración G.10. Tablero Metálico para medidor estático 3F4C	179
Ilustración G.11. Tablero Metálico para medidor estático clase FM 10 A CL20.....	180
Ilustración G.12. Tablero Metálico para medidor estático clase 1F 3C	181
Ilustración G.13. Tablero Metálico para medidor estático 3F4C y 1F3C	182
Ilustración G.14. Detalles de sujeción	183
Ilustración K.1. Formato para presentación de los cálculos en redes existentes.	196
Ilustración K.2. Formato para presentación de los cálculos en redes proyectadas.....	197
Ilustración L.1. Cámaras eléctricas para transformadores < 24kV. (1/2)	199
Ilustración L.2. Cámaras eléctricas para transformadores < 24kV. (2/2)	200
Ilustración M.1. Cámaras de barrajes (Pozos tipo E)	202
Ilustración N.1. Modelo de transformador padmounted sin zanja de recolección de aceite. .	204



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Entidades reguladoras internacionales de energía eléctrica	30
Tabla 2.2. Principales Abreviaturas manejadas por EERCSCA	31
Tabla 2.3. Clasificación y colores para señalización de seguridad [7].....	34
Tabla 3.1. Factores de coincidencia	40
Tabla 3.2. Clasificación de los colores de conductores.....	48
Tabla 3.3. Acometidas según número de abonados	55
Tabla 3.4. Clasificación de las acometidas por transformador trifásico.....	56
Tabla 3.5. Clasificación de las acometidas por transformador monofásico	57
Tabla 4.1. Estratos de consumo característicos.....	60
Tabla 4.2. Factor de coincidencia sin cocinas de inducción.....	61
Tabla 4.3. Demanda máxima coincidente y demanda máxima unitaria para cocinas de inducción.....	65
Tabla 4.4. Factor de coincidencia considerando cocinas de inducción.....	67
Tabla 4.5. Selección de fusibles para transformadores trifásicos de distribución.....	72
Tabla 4.6. Selección de fusibles para transformadores monofásicos de distribución	72
Tabla 4.7. Datos de los cables preensamblados.....	74
Tabla 4.8. Factores de caída de voltaje para conductores preensamblados a 90 °C	74
Tabla 4.9. Especificaciones de conductores tipo ACSR, 7 hilos.....	75
Tabla 4.10. Factores de caída de voltaje en redes de medio voltaje [kVA x km].....	76
Tabla 4.11. Factores de caída de voltaje en redes de bajo voltaje urbana [kVA x m].....	76
Tabla 4.12. Factores de caída de voltaje en redes de bajo voltaje rural [kVA x m]	77
Tabla 4.13. Distancias mínimas de seguridad de conductores a edificaciones y otras instalaciones.....	82
Tabla 4.14. Distancias de seguridad de conductores a otras estructuras de soporte (en metros)	83
Tabla 4.15. Distancias mínimas de seguridad verticales de conductores sobre el nivel del suelo, carreteras, vías férreas y superficies con agua (en metros).....	84
Tabla 4.16. Parámetros para selección de la clase de iluminación (M).....	87
Tabla 4.17. Parámetros fotométricos para tráfico motorizado.....	88
Tabla 4.18. Parámetros para selección de la clase de iluminación (P)	89
Tabla 4.19. Parámetros fotométricos para áreas peatonales y de tráfico de baja velocidad ...	90
Tabla 5.1. Especificaciones cable unipolar Cobre 8 kV tipo XLPE.....	95
Tabla 5.2. Especificaciones cable cobre 15 kV tipo XLPE (133%).....	96
Tabla 5.3. Especificaciones cable cobre 25 kV tipo XLPE (133%).....	96
Tabla 5.4. FDVs para la red del centro histórico de Cuenca a 6.3 kV [kVA x km]	97
Tabla 5.5. Factores de caída de voltaje en MV a 6.3 kV [kVA x km]	98
Tabla 5.6. Factores de caída de voltaje en MV a 15 kV [kVA x km].....	98
Tabla 5.7. Factores de caída de voltaje en MV a 25 kV [kVA x km].....	98
Tabla 5.8. Especificaciones cable cobre 2 kV TTU.....	99
Tabla 5.9. Factores de caída de voltaje en BV [kVA x m].....	100
Tabla 5.10. Tipos de pozos.....	102
Tabla 5.11. Listado de componente: Transición Aérea – Subterránea Trifásica	109
Tabla 5.12. Listado de componente: Transición Aérea – Subterránea Monofásica	111
Tabla 5.13. Características de los ductos.....	113
Tabla 5.14. Configuraciones de los ductos	113
Tabla 5.15. Ductería en Vías	115



Tabla 5.16. Conductores de redes de distribución.....	116
Tabla 5.17. Calibres de conductores.....	117
Tabla 5.18. Dimensiones de cámaras según voltajes	129
Tabla 5.19. Barrajes sumergibles para BV (Comercializados Ecuador).....	139
Tabla 5.20. Barrajes sumergibles para BV (Comercializados Colombia).....	139
Tabla 5.21. Características cables para red de MV	142
Tabla 5.22. Características cables para red de BV	143
Tabla B.1. Simbología.....	152
Tabla B.2. Simbología.....	153
Tabla B.3. Simbología.....	154
Tabla B.4. Simbología.....	155
Tabla F.1. Valores de iluminación en puesto de trabajo en interiores	165
Tabla F.2. Valores de iluminación en puesto de trabajo en interiores	166
Tabla F.3. Valores de iluminación en puesto de trabajo en interiores	167
Tabla F.4. Valores de iluminación en puesto de trabajo en interiores	168
Tabla F.5. Valores de iluminación en puesto de trabajo en interiores	169
Tabla F.6. Valores de iluminación en puesto de trabajo en interiores	169
Tabla H.1. Demanda por estrato para equipos de usos generales en viviendas.....	184
Tabla H.2. Demanda por estrato para equipos de usos generales en viviendas.....	185
Tabla H.3. Demanda por estrato para equipos de usos generales en viviendas.....	186
Tabla H.4. Demanda por estrato para equipos de usos generales en viviendas.....	187
Tabla H.5. Demanda por estrato para equipos de usos generales en viviendas.....	188
Tabla I.1. Demanda con cocinas de inducción – DMDNCI	189
Tabla I.2. Demanda con cocinas de inducción – DMDNCI	190
Tabla J.1. Demanda de máxima de diseño (Usos generales y cocinas de inducción)	191
Tabla J.2. Demanda de máxima de diseño (Usos generales y cocinas de inducción)	192
Tabla J.3. Demanda de máxima de diseño (Usos generales y cocinas de inducción)	193
Tabla J.4. Demanda de máxima de diseño (Usos generales y cocinas de inducción)	194
Tabla J.5. Demanda de máxima de diseño (Usos generales y cocinas de inducción)	195



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio
Institucional

Daniel Santiago Carpio Pauta en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación **“INSTRUCTIVO PARA LA ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE REDES DE DISTRIBUCIÓN E INSTALACIONES INTERIORES APLICABLES EN LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTRO SUR C.A.”**, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, noviembre de 2017



Daniel Santiago Carpio Pauta

C.I: 0105269591



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio
Institucional

Diego Fernando Marín Iñiguez en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación **“INSTRUCTIVO PARA LA ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE REDES DE DISTRIBUCIÓN E INSTALACIONES INTERIORES APLICABLES EN LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTRO SUR C.A.”**, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, noviembre de 2017

Diego Fernando Marín Iñiguez

C.I: 0104710728



Cláusula de Propiedad Intelectual

Daniel Santiago Carpio Pauta, autor del trabajo de titulación **“INSTRUCTIVO PARA LA ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE REDES DE DISTRIBUCIÓN E INSTALACIONES INTERIORES APLICABLES EN LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTRO SUR C.A.”**, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, noviembre de 2017

Daniel Santiago Carpio Pauta

C.I: 0105269591



Cláusula de Propiedad Intelectual

Diego Fernando Marín Iñiguez, autor del trabajo de titulación **“INSTRUCTIVO PARA LA ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE REDES DE DISTRIBUCIÓN E INSTALACIONES INTERIORES APLICABLES EN LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTRO SUR C.A.”**, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, noviembre de 2017

Diego Fernando Marín Iñiguez

C.I: 0104710728



DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mi esposa Carolina y mi hija Danna que fueron mi inspiración, mi fortaleza y me llenaron de determinación para seguir adelante y cumplir con esta meta tan anhelada; también se la dedico a mis padres Hugo y Martha que sin su incondicional apoyo, amor y guía no hubiera podido culminar mi carrera; a Demetrio, Cecilia y Kety que son parte fundamental de logro alcanzado, ya que sin su apoyo y comprensión no se hubiera podido salir adelante en esta vida; y de manera muy especial dedico este proyecto a mi tía Lola, la cual fue una persona muy especial en mi vida, la que me acogió y ayudo en los momentos más difíciles, espero que donde sea que este se sienta muy orgullosa de lo que he logrado.

Daniel Santiago Carpio Pauta

Quiero dedicar este trabajo a mis padres Jorge y Margarita quienes fueron con su incondicional soporte, guía, apoyo y fortaleza para jamás tropezar y seguir avanzando y cumplir con mis metas propuestas; a mi hermana Maribel por ser un ejemplo de superación y jamás dar un paso atrás que todo esfuerzo es recompensado, que no importa el tiempo que uno se demore si es constante se puede llegar a cumplir con lo anhelado, a mi hermano Fabián que forma parte de mis motivos para alcanzar una meta en la vida y poder brindarles aún más de orgullo.

Diego Fernando Marín Iñiguez



AGRADECIMIENTO

A Dios por la fuerza para seguir adelante, a mis padres por la confianza y el amor que me impulso a no rendirme jamás, de manera muy especial a mi esposa Carolina y a mi hija Danna que son la razón por la cual logro alcanzar mis metas y también quiero agradecer a Diego Marín ya que sin su apoyo y amistad no hubiera podido lograr tan anhelado proyecto.

Daniel Carpio Pauta

A Dios por la vida, salud y bendiciones recibidas, a mis padres, hermanos y a toda mi familia por el apoyo para continuar y nunca rendirme en mis estudios para siempre seguir adelante.

Diego Marín Iñiguez

De la manera más cordial queremos agradecer a nuestros tutores los ingenieros Enrique Molina y Eduardo Sempertegui, los cuales a pesar de todo su trabajo supieron guiarnos para lograr nuestro cometido; de igual manera agradecer a nuestro director Ing. Rodrigo Sempertegui, ya que gracias a su dedicación, guía y apoyo se pudo cumplir con el propósito de culminar nuestra carrera; y gracias a la EERCSCA por abrirnos las puertas de mano del Ing. Miguel Arévalo que supo entender nuestro arduo esfuerzo.

Los Autores

Carpio Pauta Daniel
Marín Iñiguez Diego

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1.- Antecedentes

El uso de la energía eléctrica es fundamental en la sociedad moderna para su desarrollo, por ello se ha invertido tiempo y recursos en la realización de una guía para la presentación y recepción de diseños eléctricos a la empresa distribuidora encargada de proveer a los usuarios de energía, garantizando seguridad, confiabilidad y calidad del servicio eléctrico.

El Ecuador inició la generación de energía eléctrica en 1897, en la ciudad de Loja, convirtiendo al país en el tercero de la región en ingresar a mundo de la producción de energía eléctrica. En la ciudad de Cuenca se instala la primera planta de producción de energía eléctrica en 1914, convirtiendo al Azuay en la principal productora de energía del país. Por tal motivo, se crea la necesidad de un ente que organice y distribuya la energía eléctrica de manera eficiente, por lo que en 1950 se constituye lo que hoy se conoce como Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. - CENTROSUR¹, la misma que tuvo bajo su responsabilidad las actividades de Generación y Distribución y se desarrolló acatando las disposiciones de la Ley Básica de Electrificación. En el año 1996, entra en vigencia el nuevo marco jurídico del sector, al ser aprobada la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, que entre otras cosas dispone la segmentación de las Empresas del sector en Generación, Transmisión y Distribución – Comercialización. En 1970 se comenzó a impulsar la integración eléctrica regional y nacional, habiéndose cumplido desde entonces un importante plan de electrificación rural.

Con la aprobación de la nueva Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica, la CENTROSUR se prepara para alinearse hacia las nuevas directrices del Sector Eléctrico, marco en el cual deberá constituirse como Empresa Pública, lo cual incidirá en su estructura accionaria y organizacional, sus procesos internos y su cultura organizacional; elementos que están considerados dentro del presente Plan Estratégico; sin embargo, en el caso de corresponder, podrá ser modificado y actualizado para ajustarse a las nuevas políticas y estrategias que pudiesen resultar al convertirse en Empresa Pública.

La CENTROSUR es parte de las empresas de distribución del sector eléctrico del Ecuador, y por tanto es el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable – MEER el encargado de formular la política nacional, la gestión y el control de proyectos del sector eléctrico, garantizar el abastecimiento energético mediante la promoción de la energía renovable como la no renovable. De igual forma la empresa se encuentra regulada por

¹ CENTROSUR. “Historia” En: <http://www.centrosur.gob.ec/?q=node/10>



un organismo público que es la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL²).

Como resultado de lo mencionado, las empresas eléctricas de distribución y comercialización están regidas por una serie de reglamentos y regulaciones emitidas por el Ejecutivo y la ARCONEL.

Con la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica del 16 de enero de 2015, se presenta un escenario positivo con un modelo de regulación y control fortalecido, donde el estado recupera la rectoría pública del sector, afianzando un nuevo marco funcional que opera a través de un mercado normado bajo los criterios del servicio eléctrico como un derecho ciudadano; impulsando además las inversiones y el desarrollo del sector para alcanzar la soberanía energética.

Durante mucho tiempo la producción de energía en el Ecuador, mediante combustibles fósiles representaba la principal fuente de producción de energía en el país; a partir del año 2008 se lleva a cabo el cambio de la matriz energética, con la hidroelectricidad en un 58%, las centrales de combustible fósiles en el 38% y mientras las otras formas de generación energéticas representadas como la solar, eólica y geotérmica no constituían ni un 1%.

La Agencia de Regulación y Control de Electricidad – ARCONEL en el poco tiempo de creación ha dado pasos firmes en la consolidación de un futuro promisorio en el sector eléctrico y el desarrollo nacional. El país a mediano plazo, tendrá capacidad de autoabastecimiento a través de una producción limpia, con un componente hídrico que superó el 90% en el año 2016, que en términos de soberanía energética nos proyecta como líderes en un proceso de integración regional.

1.2.- Justificación

Este documento pretende aportar una guía para el desarrollo de diseños de las instalaciones eléctricas internas, redes de distribución aéreas y subterráneas, así como el proporcionar a los profesionales y personas relacionadas en el ámbito de la electricidad, una herramienta de consulta que les facilite los criterios analizados de normas y consideraciones técnicas vigentes en el Ecuador, así como normativas implementadas por organismos internacionales relacionados a las instalaciones eléctricas de bajo y medio voltaje.

La aplicación de instructivos busca definir elementos mínimos necesarios para garantizar a los usuarios seguridad y confiabilidad en el momento de beneficiarse de las instalaciones eléctricas tanto domiciliarias como públicas.

Esta propuesta pretende cubrir aspectos constructivos desde la acometida hasta los puntos de utilización de energía eléctrica, así como también, abarcará los

² ARCONEL. “Agencia de regulación y control de electricidad” En:
<http://www.regulacionelectrica.gob.ec/arconel/>



requerimientos y uso de redes aéreas y subterráneas para una correcta planificación e instalación.

1.3.- Alcance

Este proyecto es una recopilación de normas, reglamentos y recomendaciones; tanto nacionales como internacionales, los cuales son referentes para un correcto diseño de instalaciones eléctricas internas y sistemas de distribución; a su vez, se establecerán términos y definiciones claves para el entendimiento del contenido de esta guía auspiciada por la CENTROSUR.

En este instructivo se cubren los siguientes tópicos indispensables para el desarrollo de diseños y estudios eléctricos:

- Definiciones y terminología esenciales para el correcto uso de este instructivo, y además de la simbología que permite un entendimiento gráfico de los diferentes elementos relacionados con el ámbito eléctrico.
- Elementos necesarios para el correcto dimensionamiento de instalaciones eléctricas internas desde la acometida en la red de distribución, pasando por los sistemas de medición hasta llegar a los diferentes dispositivos de uso general y una eficaz conexión a tierra, apegándose a normas y recomendaciones las cuales garanticen seguridad y eficiencia energética.
- Establecer normas, especificaciones y recomendaciones para la correcta distribución de energía, a través de las redes de distribución de medio voltaje, estaciones de transformación, redes de bajo voltaje, hasta las acometidas residenciales, también brinde seguridad tanto para los dispositivos empleados como para los técnicos que maniobran las redes de distribución.

1.4.- Objetivo General

Establecer un modelo de referencia para el análisis de los diseños, el cual abarcará estándares vigentes en el país, además de criterios por parte del personal de la EERCSCA para mejorar los diseños de los sistemas de distribución aéreos y subterráneos e instalaciones eléctricas internas que satisfagan los requerimientos de confiabilidad técnica, seguridad y calidad del servicio.



1.5.- Objetivos Específicos

Conocer y apoyar por este medio las normativas eléctricas vigentes en el Ecuador.

Establecer criterios para la elaboración de instalaciones eléctricas internas.

Determinar una correcta implementación de redes de distribución en el área de concesión de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A.

Presentar criterios y recomendaciones para el dimensionamiento de redes de distribución subterráneas basadas en normas homologadas por el MEER.

Generar un documento para la difusión de la información que facilite a los ingenieros la realización de proyectos y estandarice criterios.

CAPÍTULO II

2. LINEAMIENTOS GENERALES PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS

2.1.- Objetivo del capítulo

En el presente capítulo está enfocado en analizar las diferentes terminologías, simbologías y conceptos claves para conseguir un adecuado entendimiento en el desarrollo de este proyecto; adicionalmente se indicará el área de alcance de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C. A – EERCSCA con respecto a sus usuarios.

2.2.- Alcance

Por medio de lo establecido en este capítulo se podrán reconocer las diferentes zonas de concesión de la EERCSCA, así como la terminología y conceptos eléctricos dentro de la misma empresa, enfatizando en abreviaturas que mejoren el entendimiento de procesos y diseños en el área eléctrica, los cuales son fundamentales para comprender el desarrollo de este proyecto.

2.3.- Área de concesión

El área de cobertura de los sistemas de distribución está bajo la supervisión de las empresas concesionarias de distribución – comercialización, las cuales deberán prever la expansión, repotenciación, optimización y mantenimiento de sus redes de subtransmisión, subestaciones, redes de distribución de medio, estaciones de transformación, redes de bajo voltaje, alumbrado público y sistemas de medición, para satisfacer toda la demanda de servicios de electricidad que les sea requerida.

Para el cumplimiento de los objetivos indicados en el párrafo anterior la CENTROSUR ha dividido su área de concesión en tres zonas de distribución:

- **Zona 1:** Esta comprendida por la parte del norte y noroeste de la provincia del Azuay y parte de Cañar; además de áreas de la ciudad de Cuenca como: Sayausí, San Sebastián, el Batán, San Joaquín.
- **Zona 2:** Esta comprendida por los cantones orientales de la provincia del Azuay y áreas de la ciudad de Cuenca como: El Vecino, Totoracocha, Ricaurte, Hermano Miguel, Bellavista, Nulti, Paccha.
- **Zona 3:** Esta comprendida por el sur de la provincia del Azuay; incluidas áreas de la ciudad de Cuenca como: Baños, Yanuncay, Monay, Huayna Capac, Cañaribamba.

- **Dirección de Morona Santiago:** Esta comprendida por la provincia de Morona Santiago.

Con la finalidad de identificar el área de concesión se puede referir al anexo A: “Área de concesión de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. – EERCSCA”.

2.4.- Terminología

La terminología proporciona un lenguaje técnico relacionado con la distribución de energía eléctrica a personas afines al mismo, enfatizando en las definiciones relacionadas con el estudio y aplicación de la electricidad y sus diferentes ramas, mediante la cual se hará referencia a los términos eléctricos más utilizados en el Ecuador y a su vez por la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. [1] [2] [3] [4]

Acometida: Es la instalación comprendida entre el punto de entrega de la electricidad al consumidor y la red eléctrica pública del distribuidor.

Aislante: Un material aislante es aquel que, debido a que los electrones de sus átomos están fuertemente unidos a sus núcleos, prácticamente no permite sus desplazamientos y, por ende, el paso de la corriente eléctrica cuando se aplica una diferencia de voltaje entre dos puntos del mismo.

Alambre: Hilo o filamento de metal, trefilado o laminado, para conducir corriente eléctrica.

Alimentador Interno: Todos los conductores de un circuito entre el equipo de acometida o la fuente de un sistema derivado y el último dispositivo de protección de sobrecorriente del circuito o ramal.

Alimentador Primario: Conjunto de elementos que conforman la instalación eléctrica, desde la subestación hasta el punto de alimentación a las estaciones de transformación.

Alumbrado Público: Constituye la iluminación de vías y espacios públicos destinados a la movilidad y ornamentación. El alumbrado público se clasifica en: alumbrado público general, alumbrado público ornamental y alumbrado público intervenido.

Alumbrado Público General – APG: Es el sistema de iluminación de vías públicas, para tránsito de personas y/o vehículos. Excluye la iluminación de las zonas comunes de unidades inmobiliarias declaradas como propiedad horizontal, la iluminación pública ornamental e intervenida.

Alumbrado Público Intervenido: Es el sistema de iluminación de vías que, debido a planes o requerimientos específicos de los municipios, no cumplen los niveles de iluminación establecidos en la presente regulación y/o requieren de una infraestructura constructiva distinta de los estándares establecidos para el APG.



Alumbrado Público Ornamental: Es la iluminación de zonas como parques, plazas, iglesias, monumentos y todo tipo de espacios, que obedecen a criterios estéticos determinados por los municipios o por el órgano estatal competente.

Cable: Conjunto de alambres sin aislamiento entre sí y entorchados por medio de capas concéntricas.

Cable multiplex, trenzado o entorchado: cables compuestos de varios conductores aislados, independientes, colocados helicoidalmente. Cuando se usa para redes aéreas exteriores, generalmente utiliza un mensajero que puede ser un conductor de aluminio tipo ACSR, que sirve además como conductor de neutro.

Caída de voltaje: Es la diferencia del potencial entre dos puntos de un circuito eléctrico, recorrido por una corriente, entre los cuales no existan generadores de fuerza electromotriz.

Carga instalada: Es la suma de las capacidades nominales de todos los equipos que consumen energía eléctrica y que se encuentran conectados a la instalación de un inmueble.

Circuito: Sistema formado por uno o varios conductores, recorrido por una corriente eléctrica, y en el cual hay generalmente intercalados aparatos productores o consumidores de esta corriente.

Condominio: Consiste en la situación en la que la propiedad es compartida por más de una familia. Por extensión, algunos autores denominan así a un inmueble bajo el régimen de propiedad horizontal.

Conductor: Es el nombre dado a aquellos materiales a través de los cuales se transporta la energía eléctrica.

Conductor activo: Aquellas partes destinadas, en su condición de operación normal, a la transmisión de electricidad y por tanto sometidas a un voltaje en servicio normal.

Conductor aislado: Conductor que está dentro de un material de composición y espesor aceptado como medio aislante.

Consumidor o Usuario Final: Persona natural o jurídica que hace uso del servicio de energía eléctrica, bien como propietario del inmueble en donde éste se presta, o como receptor directo del servicio. A este último usuario se le denomina también consumidor.

Contratista: Persona natural o jurídica que responde ante el dueño de una obra, para efectuar actividades de asesoría, consultora, diseño, supervisión, construcción, mantenimiento, u otras relacionadas con las líneas eléctricas y equipos asociados, cubiertas por el presente reglamento técnico.

Cortocircuito: Fenómeno eléctrico ocasionado por una unión accidental o intencional de muy baja resistencia entre dos o más puntos de diferente potencial de un mismo circuito.

Demanda: Está definida como el valor medio o promedio de la potencia demandada en un período de tiempo tal como un día, un mes o un año. Su valor puede obtenerse



fácilmente conociendo el consumo total en dicho período de tiempo y el número total de horas del período.

Demanda máxima: Se considera como la mayor de las demandas ocurridas durante un período de tiempo determinado.

Distancia mínima de seguridad: Es la distancia mínima establecida entre superficies de un objeto energizado y las personas o edificaciones, que garantice a las personas a no recibir descargas eléctricas desde el primero.

Factor de coincidencia: Es la relación entre la demanda máxima coincidente de un grupo de consumidores y la suma de las demandas máximas individuales de los mismos clientes.

Factor de diversificación: Es la relación entre las sumas de las demandas máximas de los consumidores individuales respecto a la demanda máxima simultánea de todo el grupo durante el período de tiempo particular. Es el inverso del factor de coincidencia. Este factor es mayor que la unidad.

Factor de utilización: El factor de utilización de un sistema de distribución es la relación entre demanda máxima y la carga total conectada. El factor de utilización es adimensional. Se puede decir entonces que mientras el factor de demanda expresa el porcentaje de potencia instalada que está siendo alimentada, el de utilización establece qué porcentaje de la capacidad del sistema de distribución está siendo utilizado durante el pico de carga.

Flecha: Es la mayor distancia vertical medida de un conductor a la línea recta imaginaria que une los dos puntos de soporte del conductor en las estructuras.

Instalación interior: Conjunto de conductores y equipos que integran el sistema de conexión eléctrico de un inmueble a partir del medidor. En edificios de propiedad horizontal o condominios, y en general, para unidades inmobiliarias cerradas, es aquel sistema de suministro de energía eléctrica al inmueble a partir del tablero de medición.

Línea de suelo: Es la parte inferior de toda construcción, puede ser considerada como el piso de una vivienda.

Lotización: Preparación de un terreno para urbanizarlo y dividirlo en lotes para la construcción de viviendas.

Luminaria: Aparato que sirve para repartir, filtrar o transformar la luz de las lámparas, y que incluye todas las piezas necesarias para fijar y proteger las lámparas y para conectarlas al circuito de alimentación.

Marquilla: Nombre y logotipo que se le da a un objeto determinado para poder identificarlo fácilmente.

Niveles de voltaje: Se refiere a los niveles de alto voltaje (AV), medio voltaje (MV) y bajo voltaje (BV) definidos en el Reglamento de Suministro del Servicio:

Alto voltaje: mayor a 40 kV.

Medio voltaje: entre 0,6 y 40 kV.



Bajo voltaje: inferior a 0,6 kV.

Parcelación: Se considera al fraccionamiento de un predio que tenga frente a la vía pública existente o planificada por la I. Municipalidad y que por el fraccionamiento no requieran nuevas vías.

Potencia: Es el trabajo o transferencia de energía realizada en la unidad de tiempo. Se mide en Watt (W).

Propiedad horizontal: Que pertenece de manera colectiva e indivisible a un conjunto de personas sin asignación de cuotas entre ellas.

Red de Distribución aérea: Conjunto de elementos que conforman un sistema de distribución que se encuentra sostenido en postes.

Red de Distribución en BV (redes secundarias): conjunto de elementos que conforman la instalación eléctrica desde los sistemas de transformación hasta los puntos de alimentación de las acometidas.

Red de Distribución subterránea: Conjunto de elementos que conforman una red de medio o bajo voltaje que se encuentra soterrada.

Sistema de transformación: Dispositivos utilizados para cambiar el nivel de voltaje.

Urbanización: Se considera Urbanización al fraccionamiento de un predio que tenga frente a la vía pública existente o planificada por la I. Municipalidad y además contemple vías propuestas por los urbanizadores.

Vano: Es la distancia horizontal entre dos apoyos consecutivos.

2.5.- Abreviaturas

El desarrollo de proyectos eléctricos enfocados a la realización de trabajos de distribución requiere estandarizar diferentes definiciones y criterios, para un mejor entendimiento en el momento de la ejecución de dichos proyectos, a su vez se requiere normalizar las abreviaturas que tienen como objetivo principal mejorar de manera sistemática la elaboración y presentación de diseños eléctricos, los cuales son indispensables para el desarrollo social.

Existen entidades de regulación tanto nacionales como internacionales que serán citadas y analizadas en el desarrollo de este documento, las cuales se mencionan en la tabla 2.1. [5]

Tabla 2.1. Entidades reguladoras internacionales de energía eléctrica

Fuente: Unidades de propiedad

Ámbito	Sigla / Acrónimo	Principales organismos de normalización	Norma
EEUU	ANSI	American National Standards Institute	ANSI
EEUU	NEC	National Electrical Code	NEC
INTERNACIONAL	IEC	Internacional Electrotechnical Commission	IEC
ECUADOR	ARCONEL	Agencia de regulación y control de electricidad	CONELEC
ECUADOR	INEN	Servicio Ecuatoriano de Normalización	INEN
ECUADOR	NEC	Código Eléctrico Nacional	NEC
COLOMBIA	RETIE	Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas	RETIE
ECUADOR	LOSPEE	Ley Orgánica de Servicio Público de Energía Eléctrica	-
ECUADOR	MEER	Ministerio de Electricidad y Energía Renovable	-
ECUADOR	MIDUVI	Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda	-

En el Ecuador existen empresas de distribución las cuales manejan abreviaturas, por lo que en la Tabla 2.2 provistas de un conjunto de abreviaturas utilizadas por las empresas de distribución del Ecuador y propuestas a ser utilizadas en la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A., en la cual se incluye su significado mejorando de manera significativa el entendimiento entre profesionales del área eléctrica, así como las personas interesadas en el tema.

Tabla 2.2. Principales Abreviaturas manejadas por EERCSCA

Sigla	Significado
A	Amperio
AAAC	All Aluminium Alloy Conductor
ACC	All Aluminium Conductor
ACSR	Aluminium Conductor Steel Reinforced
ANSI	American National Standards Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
AV	Alto voltaje
AWG	American Wire Gauge
ΔV	Caída de voltaje
°C	Grados Celsius
BV	Bajo Voltaje
C	Carga instalada
EERCSCA	Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A.
<i>fp</i>	Factor de potencia
I	Corriente
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
kV	Kilovoltio
kVA	Kilo Voltio Amperio
m	Metros
MSN	Metros sobre el nivel del mar
MV	Medio voltaje
NEMA	National Electrical Manufacturers Association
PVC	Cloruro de polivinilo
THHN	Thermoplastic High Heat Nylon (Termoplástico resistente al calor 90 °C y a la abrasión)
THW	Thermoplastic Heat Wet (Termoplástico resistente al calor 75°C y a la humedad)
TTU	Thermoplastic (or Thermoset) Insulation Thermoplastic Jacket Underground Cable
TW	Thermoplastic Wet (Termoplástico resistente a la humedad)
V	Voltio
VA	Voltio Amperio
W	Vatio
XLPE	Cross Linked Polyethylene (Polietileno reticulado)



2.6.- Voltajes de servicio

2.6.1.- Servicio en Bajo voltaje

La Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. como entidad distribuidora de energía en la región trabaja con los siguientes valores de voltaje y las características específicas para los sistemas de distribución de energía eléctrica; dichos valores y características tanto para sistemas monofásicos como para trifásicos.

2.6.1.1.- Sistema monofásico

120 Voltios – 2 hilos (1 Fase – Neutro) monofásicos. Servicio suministrado para demandas hasta 6 kW, en sistemas secundarios monofásicos.

127 Voltios – 2 hilos (1 Fase – Neutro) monofásicos. Servicio suministrado para demandas hasta 6 kW, en sistemas secundarios trifásicos.

120 / 240 Voltios – 3 hilos (2 Fases – Neutro) monofásicos a 3 hilos. Servicio suministrado para demandas hasta 10 kW.

127 / 220 Voltios – 3 hilos (2 Fases – Neutro) bifásicos a 3 hilos. Servicio suministrado para demandas hasta 10 kW.

2.6.1.2.- Sistema trifásico

220 / 127 Voltios – estrella 4 hilos (3 Fase – Neutro) trifásicos con neutro sólidamente aterrado. Servicio suministrado para cargas trifásicas.

208 / 120 Voltios – estrella 4 hilos (3 Fase – Neutro) trifásicos con neutro sólidamente aterrado. Servicio suministrado para cargas trifásicas.

240 / 120 Voltios – delta abierto 4 hilos (3 Fase – Neutro) trifásicos con neutro sólidamente aterrado. Servicio suministrado para cargas trifásicas. El inconveniente que se presenta es que entre una de las fases con el neutro se tiene un voltaje de 208 V. Es un sistema poco eficiente. Se recomienda su utilización sólo en casos extremos en sistemas particulares, cable recalcar que estos sistemas son considerados antiguos.

2.6.2.- Servicio en Medio voltaje

El servicio eléctrico de medio voltaje puede darse en diferentes niveles de voltaje, independiente si la medición se realiza en el lado primario o secundario del transformador:



6,3 kV conexión triángulo en el Centro Histórico de la ciudad de Cuenca.

13,8 / 7,9 kV en la Troncal y parte de la DIMS.

22 / 12,7 kV mayor parte del sistema de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A.

2.7.- Simbología y nomenclatura

La simbología planteada para las instalaciones interiores se basará en aquella planteada por la norma IEC 60617, como se muestra en el anexo B: “*Simbología según la norma IEC 60617*”. [6]

La simbología y nomenclatura para los diseños de redes de distribución aéreas como subterráneas serán los homologados por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), estos documentos se presentan en las unidades de propiedad³. [5]

2.8.- Señalización de seguridad

El objetivo de las señales de seguridad es transmitir mensajes de prevención, prohibición o información en forma clara, precisa y de fácil entendimiento para todos, en una zona en la que se ejecutan trabajos eléctricos o en zonas de operación de máquinas, equipos o instalaciones que entrañen un peligro potencial. Las señales de seguridad no eliminan por sí mismas el peligro, pero dan advertencias o directrices que permitan aplicar las medidas adecuadas para prevención de accidentes.

Para efectos del presente reglamento, los siguientes requisitos de señalización, tomados de las normas ISO 3864 – 1⁴ son usados por la CENTROSUR.

Su escritura debe ser en idioma castellano y deben localizarse en sitios visibles que permitan cumplir su objetivo. El uso de las señales de riesgo adoptadas en el presente reglamento será de obligatorio cumplimiento, a menos que alguna norma de mayor jerarquía legal exija algo diferente, en tal caso las empresas justificarán la razón de su no utilización.

2.8.1.- Clasificación de las señales de seguridad

Las señales de seguridad según su tipo se clasifican en: de advertencia o precaución, de prohibición, de obligación, de información y de salvamento o

³ Unidades de Propiedad. “*Marco Teórico Simbología*” En: www.unidadesdepropiedad.com

⁴ Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 3864-1:2013 “*Símbolos gráficos. Colores de seguridad y señales de seguridad*”

socorro; estas deben aplicar las formas geométricas y los colores de la Tabla 2.3.

Tabla 2.3. Clasificación y colores para señalización de seguridad [7]

Fuente: Normativa Colombiana RETIE.

Tipo de señal de seguridad	Forma geométrica	Color			
		Pictograma	Fondo	Borde	Banda
Advertencia o precaución	Triangular	Negro	Amarillo	Negro	-
Prohibición	Redonda	Negro	Blanco	Rojo	Rojo
Obligación	Redonda	Blanco	Azul	Blanco o Azul	-
Información contra incendios	Rectangular o cuadrada	Blanco	Rojo	-	-
Salvamento o socorro	Rectangular o cuadrada	Blanco	Verde	Blanco o Verde	-

Las dimensiones de las señales deben permitir ver y captar el mensaje a distancias razonables del elemento o área sujeta al riesgo; para identificar los modelos referirse al anexo C: “*Símbolos gráficos. Colores de seguridad y señales de seguridad*” pág. 2-7.

2.9.- Revisión de diseño

2.9.1.- Presentación del diseño

El diseño deberá ser realizado por un Ingeniero Eléctrico o Electrónico en el ejercicio de la profesión; en caso de que la demanda máxima sea inferior a 10 kW y no requiera modificaciones en la red de distribución de bajo voltaje deberá ser presentado en la Dirección de Comercialización; caso contrario se presentará en la Dirección de Distribución, en dos carpetas formato A4, original y copia, con una carta de solicitud dirigida al Jefe del Departamento de Distribución correspondiente, suscrita tanto por el profesional encargado del diseño, con número del registro de título por parte de la SENESCYT y datos de contacto, como por el propietario o su representante, con el número de cédula, dirección y teléfono. El original quedará en los archivos de la dirección y la copia aprobada y legalizada será devuelta al remitente.

Se incluirá en la carpeta el comprobante de pago para la revisión de diseños. Para la revisión se cancelará en la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A., el monto que de acuerdo a sus regulaciones se encuentre vigente.

2.9.2.- Contenido del Diseño

Las carpetas deberán contener la siguiente información básica:

- Resumen de las características del proyecto.
- Dimensionamiento de los circuitos internos, alimentación a tableros y alimentación general en función de sus demandas.
- Determinación de la demanda total en función de su estratificación.
- Cálculo de caída de voltaje, pérdidas de energía.
- Lista de materiales por capítulos: Red de medio voltaje, estaciones de transformación, red de bajo voltaje, alumbrado público, instalaciones interiores, cuando corresponda.
- Lista de mano de obra calificada y no calificada por capítulos usando los códigos, descripción y unidad empleados por la Empresa.
- Planos de diseño debidamente identificados y separados por:
 - Las redes existentes y proyectadas (a escalas 1:2000 o 1:2500 en el sector rural y 1:1000 en áreas urbanas, con ampliaciones necesarias cuando los detalles ameriten). Con croquis detallado de ubicación.
 - Planos de detalles de: transición aérea subterráneas, cabinas y estaciones de transformación (las tres vistas), pozos y ductos homologados por el MEER, alumbrado ornamental (a escala 1:50).
 - Planos de planta de las instalaciones interiores que incluyan: Circuitos de iluminación, tomacorrientes, fuerza, especiales con la ubicación de los tableros de distribución y su alimentación. Con croquis detallado de ubicación.
 - Diagrama unifilar con el detalle de características de cada circuito de acuerdo al formado presentado en el anexo D.
- Documentos habilitantes cuando sea el caso:
 - Planos de anteproyecto aprobados por el GAD Municipal.
 - Formulario Municipal de aprobación de planos.
 - Copia de las escrituras debidamente inscritas en el Registro de la Propiedad.
 - Copia de la cédula del propietario o representante.
 - Certificado de afección municipal y licencia urbanística.



2.9.3.- Revisión

En caso de que el proyecto deba ser revisado en la Dirección de Distribución, la documentación deberá ser ingresada y registrada en el Departamento de Sistema de Información Geográfico para la Administración de la Distribución Eléctrica – SIGADE y posteriormente será transferida al departamento de distribución en función de la zona de atención correspondiente, en el cual el Jefe Departamental procederá a delegar al revisor del diseño, quien deberá tomar en cuenta todos los aspectos y criterios que quedan especificados en el presente documento.

En caso de existir observaciones, éstas serán registradas en el formato establecido como se muestra en el anexo E, que se las darán a conocer al Ingeniero responsable en forma personal, teléfono o cualquier otro medio, solicitándose que las mismas sean consideradas. Cuando las observaciones sean fundamentales, a criterio de la Empresa se dará a conocer las mismas oficialmente, devolviéndose el proyecto.

2.9.4.- Aprobación

Cuando el proyecto haya cumplido con todos los requerimientos y especificaciones, el revisor preparará para firma del Jefe Departamental un oficio de aprobación que se adjuntará a la copia del proyecto debidamente aprobado. Solo cuando se trate de redes eléctricas para Lotizaciones (Urbanizaciones), Divisiones y Condominios, el oficio de aprobación irá dirigido al Alcalde del Cantón correspondiente con copia al diseñador y al Secretario Municipal; y para los otros casos al Ingeniero encargado de diseño.

CAPÍTULO III

3. CONSIDERACIONES PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS INTERIORES EN EDIFICACIONES

3.1.- Objetivo de Capítulo

Las instalaciones eléctricas internas transportan y distribuyen la energía eléctrica, desde el punto de suministro hasta los equipos en el interior de la edificación. Para la realización del modelo que analice las instalaciones internas debe de seguir los criterios planteados para garantizar un buen y duradero funcionamiento, el cual considere la integridad física de la edificación; como los equipos de protección para los circuitos o ramales.

3.2.- Alcance

Este capítulo comprende el análisis y regulación de los elementos necesarios para el correcto dimensionamiento de instalaciones eléctricas internas desde su acometida en la red de distribución, pasando por los sistemas de medición hasta llegar a los diferentes dispositivos medidores de energía, apegándose a normas y recomendaciones que garanticen seguridad de operación, evitando fallas eléctricas que puedan ser perjudiciales tanto para los usuarios como para los equipos de la red.

3.3.- Diseño de instalaciones interiores

Los diseños de las instalaciones interiores se deben elaborar sobre planos de plantas previamente aprobados por las entidades municipales (aprobación de anteproyectos); los cuales servirán como modelo a escala para emplazar los elementos eléctricos necesarios y trazo de las instalaciones para cubrir los requerimientos de los propietarios del inmueble.

Las instalaciones eléctricas internas se caracterizan principalmente por llevar canalizaciones, estructuras, conductores, ductos, tubería, accesorios y otros elementos, los cuales permiten que el suministro de energía eléctrica alimente adecuadamente las máquinas, utilizadores de energía y otros dispositivos, garantizando así un correcto funcionamiento.

Dicha instalación debe ser segura y confiable, para ello se requiere que los elementos empleados en ella estén aprobados por las autoridades competentes, que esté diseñada para funcionar a los voltajes nominales de operación, que los conductores y

sus aislamientos cumplan con las especificaciones, que se considere el uso que se dará a la instalación. El dimensionado se realiza considerando lo siguiente:

- Demanda del motor, equipo o utilizador a conectar en el circuito.
- Para el caso de circuitos con varios puntos:
 - Número de puntos de utilización de cada circuito.
 - Potencia por punto, factores de demanda, coincidencia.
- Intensidad admisible de los conductores.
- Caída de voltaje.

En el momento de realizar el dimensionamiento de circuitos para instalaciones eléctricas internas se deberá tomar en consideración los siguientes criterios:

- Los conductores y el neutro serán de cobre, aislados para un voltaje de 600 V, como mínimo.
- El conductor de tierra será de cobre desnudo o aislado y se instalará por la misma canalización que los conductores activos.
- Las secciones mínimas de los conductores, tuberías, ductos y canalizaciones establecidas para cada circuito.
- La caída de voltaje máxima permitida en la acometida será de 1%, para la alimentación al tablero de distribución 2% y del 3% para los circuitos internos considerando el voltaje nominal del sistema.
- El conductor neutro tendrá una sección igual a la del conductor de fase.

3.3.1.- Factores que intervienen en el dimensionamiento de las instalaciones eléctricas en edificaciones

Para el análisis de la carga es necesario determinar detalladamente los valores correspondientes a la carga instalada en los circuitos de: iluminación, fuerza, circuitos especiales, circuitos de emergencia, entre otros, a los cuales se les aplicarán los factores correspondientes, de manera de obtener su demanda y por consiguiente un adecuado dimensionamiento de las instalaciones internas de una edificación. Los principales factores a utilizar son:

- Factor de demanda
- Factor de coincidencia
- Factor de potencia

3.3.1.1.- Factor de demanda [8]

Se denomina factor de demanda a la relación entre la demanda máxima y la potencia instalada. La ecuación 3.1 presenta la expresión matemática cuyo resultado siempre es menor, o a lo más igual, a 1.

$$FdD = \frac{D_{max}}{P_{instalada}} \quad 3.1$$

Donde:

FdD = Factor de Demanda

D_{max} = Demanda Máxima

$P_{instalada}$ = Potencia instalada

Paralelamente, está la relación entre la demanda y la capacidad instalada del equipo de suministro o de la instalación de servicio, esto es, el factor de utilización.

3.3.1.2.- Factores de coincidencia [8]

Se denomina factor de coincidencia a la relación entre la demanda máxima coincidente de un grupo de consumidores y la suma de las demandas máximas individuales de los mismos clientes.

La ecuación 3.2 presenta la expresión matemática cuyo resultado es menor a 1 cuando el número de consumidores es dos o más.

$$F_{coinc} = \frac{D_{max\ coincid}}{\sum D_{max\ individual}} \quad 3.2$$

Donde:

F_{coinc} = Factor de Coincidencia

$D_{max\ coincid}$ = Demanda Máxima Coincidente (del grupo de consumidores)

$D_{max\ individual}$ = Demanda Máxima de un consumidor

La aplicación de este factor en los circuitos internos de una edificación, así como entre los distintos tableros que comprenden la totalidad de la instalación, permitiendo obtener el valor de la demanda de potencia que requerirá una instalación desde la red de suministro eléctrico.

Para la elaboración de los diseños de inmuebles a presentarse en la CENTROSUR, se considerarán los siguientes factores de coincidencia:

- Entre medidores
- Entre tableros
- Entre circuitos

Los valores aplicados se presentan en la Tabla 3.1 y visualizados en la ilustración 3.1. [9]

Tabla 3.1. Factores de coincidencia

Fuente: EERCSCA REF. DIDIS – 2001 000014

Servicio	Factor de coincidencia
Iluminación	0,7
Fuerza	0,35
Cocinas de Inducción	0,8
Ducha eléctrica	1
Entre circuitos	0,7
Entre tableros	0,7

La ilustración 3.1 muestra la distribución de factores en viviendas y edificaciones. Estos valores se aplicarán en instalaciones domiciliarias

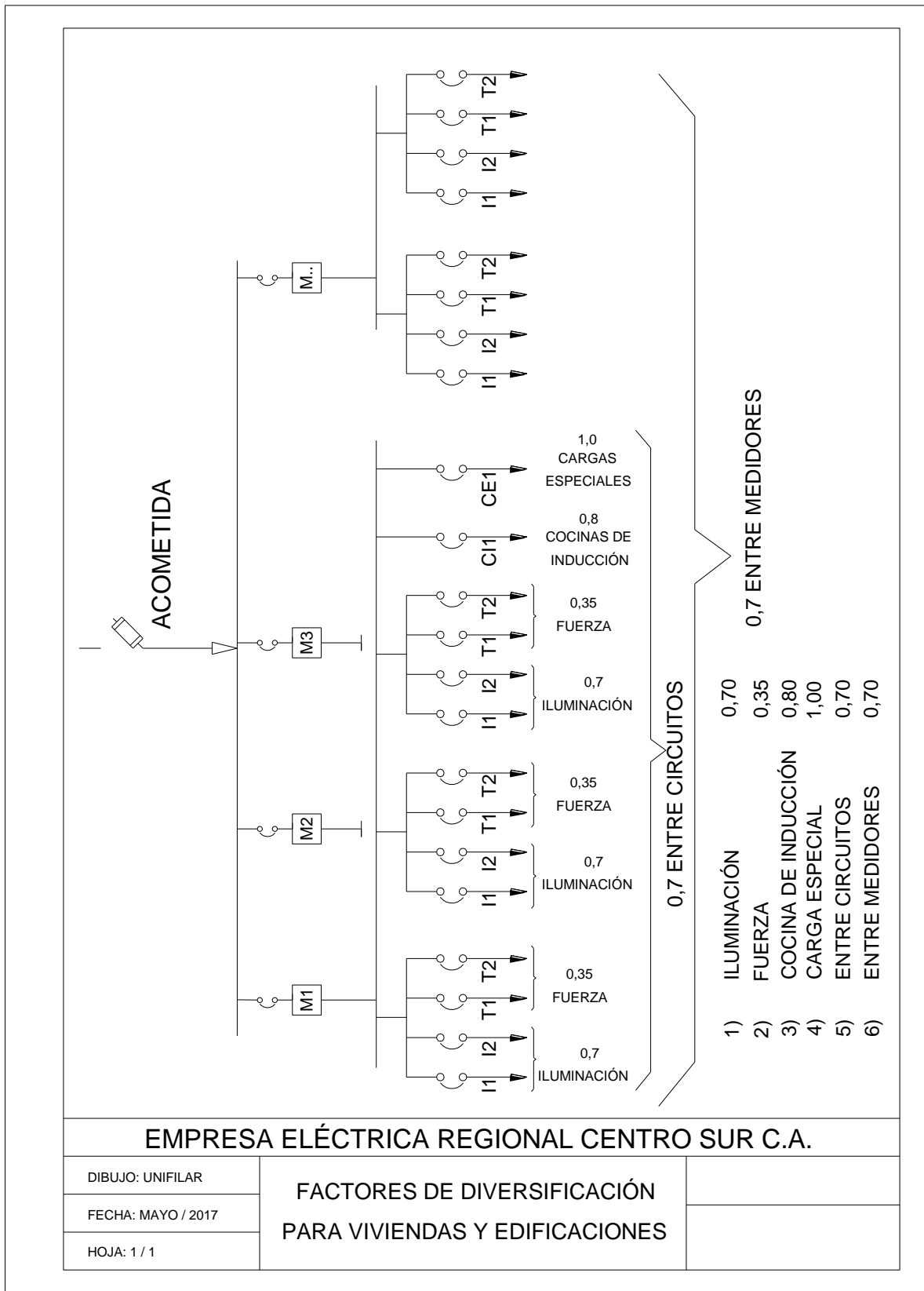


Ilustración 3.1. Factores de coincidencia

Fuente: EERCSCA

3.3.1.3.- Factor de potencia:

Se denomina factor de potencia⁵, a la relación entre la potencia activa y aparente; se le conoce como la relación de la potencia activa utilizada en un circuito expresada en kilovatios o vatios (kW) y la potencia aparente de las líneas de transmisión, expresada en kilovoltio-amperio o voltio-amperio (kVA), para el análisis en viviendas la CENTROSUR maneja el valor de 0,95.

3.3.2.- Circuitos de iluminación

Para el diseño de los circuitos de iluminación, se debe tener en consideración ciertos puntos de análisis determinando la cantidad de luz, su uniformidad con el enfoque de evitar deslumbramiento y la cantidad de luminarias por ambiente.

Para el caso de viviendas, los circuitos de iluminación se dimensionarán para una demanda máxima de 1500 W, considerando mínimo 60 W por cada punto, además de un calibre mínimo Nº 14 AWG; el cual puede modificarse dependiendo del circuito y sus características.

Para el análisis de los sistemas residenciales no es necesario presentar los cálculos de iluminación; no así en edificaciones tales como hospitales, clínicas, escuelas, escenarios deportivos e instalaciones industriales o comerciales, en donde se requieren buenos niveles de iluminación; razón por la cual, para el diseño de las instalaciones de este tipo de edificaciones deberá tenerse en cuenta los valores de iluminación de puestos de trabajo en interiores⁶ mostrados en el anexo F.

3.3.2.1.- Salidas mínimas de alumbrado [10]

La determinación en el diseño de las salidas de alumbrado para cada entorno de una vivienda se basa en lo estipulado en el artículo 210-70 del Código Eléctrico Nacional. Con respecto a la ubicación de interruptores se considerará a una altura promedio de 1,20 m.

“Unidad o unidades de vivienda. - En cada cuarto habitable se debe instalar al menos una salida para alumbrado con un interruptor de pared, así como en los cuartos de baño, recibidores, escaleras, garajes anexos y garajes

⁵ Vargas. Alejandro Humberto, "Factor de potencia", 2013

⁶ M. A. Cacedo G., A. J. Torres P., P. E. Galvis N., "Normas para el Diseño y Construcción de Redes de Distribución", Centrales Eléctricas del Norte de Santander S.A.E.S.P., Tomo II, 2008. Pág. 10 – 18. (Instalaciones Internas).

independientes con instalación eléctrica, y en el exterior de las entradas o salidas al exterior.”

“Habitaciones de huéspedes. - En las habitaciones de huéspedes de los hoteles, moteles o locales similares, debe haber al menos una salida para alumbrado con interruptor de pared.”

“Otros lugares. - En todos los áticos o espacios bajo el piso se debe instalar al menos una salida para alumbrado con un interruptor de pared.”

El Código eléctrico nacional en relación a los circuitos de iluminación en su artículo 380-2 estipula lo siguiente:

“380-2. Conexiones de los interruptores. - Los interruptores deben estar alambrados de modo que la interrupción de la corriente se haga sólo en el conductor del circuito no puesto a tierra. Conductores agrupados. - Cuando se instalen en encerramientos o canalizaciones metálicas conductores de corriente alterna, deben instalarse de modo que se evite el calentamiento del encerramiento por inducción.”

3.3.3.- Circuitos de fuerza

Los circuitos de fuerza son indispensables para llevar la energía eléctrica a los diferentes dispositivos que permiten mejorar la calidad de vida de sus usuarios, por este motivo deben estar correctamente dimensionados; es decir, que el calibre del conductor esté acorde a la corriente que se vaya a transportar.

En el ámbito de las instalaciones eléctricas internas el sistema de fuerza se diseña a una demanda máxima de 2000 W, en el cual cada tomacorriente debe ser de tipo polarizado con sus respectivos bornes para conexión a tierra considerando una demanda máxima de salida de 200 W. Los circuitos analizados con estas características deberán de poseer un calibre mínimo № 12 AWG, el cual puede incrementarse dependiendo de las distancias y los valores de las caídas de voltaje. Las salidas de tomacorrientes en el piso no se deben contar como parte del número exigido de salidas.

Entre las consideraciones realizadas por medio del análisis de la normativa NEC se puede mencionar estándares correspondientes a la colocación de las salidas de los tomacorrientes que deberán estar a una separación promedio de 1,80 m horizontal y a una altura promedio de 0,45 m de la línea de suelo. [10]

Los dispositivos de toma de carga o tomacorrientes permiten la conexión de los implementos eléctricos a la red, alimentando así a cada elemento, por este motivo el artículo 210-52 específico para los tomacorrientes y conectores lo siguiente:

“Disposiciones generales. - En comedores, cuartos de estar, salas, salones, bibliotecas, cuartos de estudio, solarios, dormitorios, cuartos de recreo,

habitaciones o zonas similares en unidades de vivienda, se deben instalar salidas de tomacorrientes de modo que ningún punto a lo largo de la línea del suelo en ninguna pared esté a más de 1,80 m de un tomacorriente en ese espacio.”

“Pequeños artefactos. - En la cocina, despensa o comedor auxiliar de una unidad de vivienda, el circuito o circuitos ramales de 20 A para pequeños artefactos que se exige deben alimentar todas las salidas de tomacorrientes a las que se refieren en este artículo.”

“Cuartos de baño. - En los cuartos de baño de las unidades de vivienda, se debe instalar por lo menos un tomacorriente en la pared adyacente a cada lavamanos, estén o no en un cuarto de baño.

“Zonas de lavandería y planchado. - En las unidades de vivienda se debe instalar como mínimo un tomacorriente para lavadora y plancha.”

3.3.4.- Cargas especiales (Cocinas de inducción, ducha eléctrica, entre otras)

Las cargas especiales son aquellas que requieren sistemas de mayor capacidad que los circuitos de fuerza y están ligadas a dispositivos específicos de mayor potencia eléctrica y que son indispensables para suplir necesidades de los usuarios.

3.3.4.1.- Cocinas de inducción [10]

En el caso de la aplicación de diseños con circuitos especiales como cocinas de inducción estará basado en el acuerdo ministerial No. 049 del MIDUVI. Que estipula las siguientes directrices:

Para el diseño e implementación de instalaciones de interiores se prevé un punto de conexión de tipo express (un circuito con un propósito y sin interrupciones) por medio de un voltaje de 220 V.

El circuito de instalación interna constará de un circuito alimentado desde el contador de energía hasta el tablero principal o de distribución; estará constituido por tres conductores dispuestos de la siguiente manera:

Para las fases: dos conductores de cobre con aislamiento para 600 voltios, para una sección de un calibre mínimo № 8 AWG, para lo cual se deberá considerar las posibles caídas de voltaje por distancia y la carga total instalada en el inmueble.

Para neutro/tierra: un conductor de cobre con aislamiento para 600 voltios, con un calibre mínimo № 10 AWG.

Se proyecta una potencia de 4000 W (valor promedio de una cocina de inducción de 4 quemadores), para la conexión de la cocina se plantea la utilización del tomacorriente que se muestra en la ilustración 3.2; la tubería a ser empleada debe tener un diámetro no inferior a $\frac{3}{4}$ ", la protección del circuito estará establecida mediante interruptor bipolar termomagnético de 40 A.



Ilustración 3.2. Toma de tipo NEMA 10-50R

Fuente: Eagle.cr

3.3.4.2.- Duchas eléctricas

En el caso de considerar la instalación de duchas eléctricas se proyectará la instalación de una potencia de 4000 W, para el diseño e implementación en instalaciones de interiores se prevé un punto de conexión de tipo independiente desde el tablero de distribución (TD) hasta cada baño, con un voltaje de 120 V; la tubería a ser empleada debe tener un diámetro no inferior a $\frac{3}{4}$ ", la protección del circuito estará establecida mediante interruptor monopolar termomagnético de 30 A.

Según la NEC [10] en el artículo 210-8 dictamina que *“en instalaciones que requieran el uso de una ducha eléctrica, esta deberá ser alimentada con un circuito exclusivo de capacidad de corriente adecuada, con protección personal mediante un interruptor de circuito contra falla a tierra y su conexión deberá ser a prueba de agua.”*

3.3.4.3.- Calentamiento centralizado de agua

En el caso de considerar el calentamiento centralizado de agua se proyectará la instalación de una potencia de 4000 W, para el diseño e implementación en instalaciones de interiores se prevé un punto de conexión de tipo independiente desde el tablero de distribución (TD) hasta un punto en un hábitat donde se controle todo el sistema, con un voltaje de 220 V; la tubería a ser empleada debe

tener un diámetro no inferior a $\frac{3}{4}$ ", la protección del circuito estará establecida mediante interruptor bipolar termomagnético de 30 A.

3.3.4.4.- Lavadoras y secadoras

Para la instalación de aparatos domésticos como lavadoras y secadoras se proyectará la instalación con una potencia de 1800 W, para el diseño e implementación en instalaciones de interiores se prevé un punto de conexión de tipo independiente desde el tablero de distribución (TD) hasta el cuarto de lavado, con un voltaje de 120 V; la tubería a ser empleada debe tener un diámetro no inferior a $\frac{3}{4}$ ", la protección del circuito estará establecida mediante interruptor monopolar termomagnético de 20 A.

3.3.5.- Bombas contra incendio

Las bombas contra incendio son motores que permiten la circulación de agua por la edificación a la cual pertenecen, dichas bombas son usadas en lugares donde existe afluencia de personas, ya sean estas áreas públicas o privadas, con la finalidad de precautelar su integridad, así como la de responder adecuadamente frente a riesgos de incendio.

Según el artículo referente de las bombas contra incendios la NEC [10] en su artículo "230-90. Cuando es necesario. - Todos los conductores de acometida no puestos a tierra deben tener protección contra sobrecarga.

a) *Conductor no puesto a tierra. - Dicha protección debe consistir en un dispositivo contra sobrecorriente en serie con cada conductor de acometida no puesto a tierra que tenga una capacidad de corriente nominal o ajuste no superior a la del conductor.*

En edificios de propiedad horizontal y, en cualquier inmueble en el que se proyecte la instalación de un ascensor, deberá contemplarse la instalación de un generador de emergencia.

3.3.6.- Máquinas en fábricas, talleres, etc.

En un inmueble que tenga como finalidad poseer taller, fábrica o un lugar donde se realice una actividad productiva; se deberá realizar un estudio eléctrico diferente a los antes planteados. Esto es debido a que los equipos que allí se manejan representan un alto impacto a la red eléctrica, por tal motivo, deberán de poseer un estudio adicional. Este estudio comprenderá el análisis de las potencias de los equipos a ser instalados, los calibres de los conductores que deberán ser determinados por las características de los equipos y las distancias

respecto a los tableros de distribución para reducir la caída de voltaje que exceda los valores permisibles; la tubería para pasar los cables de los circuitos, estos podrán ser de características para alojar múltiples circuitos o el caso de circuitos express (un circuito con un propósito y sin interrupciones).

3.4.- Banco de ductos (ductería) y cajetines

Una tubería eléctrica metálica es una canalización, de sección circular, con acoplamientos, conectores y accesorios integrados o asociados, certificada para la instalación de conductores eléctricos. Está hecha de un material resistente a la humedad, a atmósferas químicas y retardante de la llama. Una canalización plegable es una canalización que se puede doblar a mano, sin necesidad de otras herramientas. Los diámetros de las tuberías deben ser suficientes para alojar en el interior los cables necesarios, respetando lo establecido al respecto en las normas del INEN. En el caso de combinación de diferentes conductores, la suma del área de ellos no deberá exceder al 40% del área total de la tubería.

Se recomienda que los ductos en el área de instalaciones eléctricas internas se adapten a las especificaciones mencionadas en los siguientes artículos del NEC [10], dichos artículos estipulan lo siguiente:

341-5. Tamaño

“Mínimo. - No se deben utilizar tuberías eléctricas metálicas de diámetro comercial inferior a 12,7mm (½ pulgada).”

“Máximo. - No se deben utilizar tuberías eléctricas metálicas de diámetro comercial superior a 50,8mm (2 pulgadas).”

“341-8. Uniones. - Todas las uniones entre tramos de tuberías y entre tuberías y acoplamientos, accesorios y cajas, deben hacerse según un método aprobado.”

“341-11. Soportes. - Las tuberías eléctricas metálicas se deben instalar como un sistema completo, como establece la Sección 300, y se deben sujetar bien a menos de 0,90 m de cada caja de salida, de dispositivos, de conexiones, de cada armario o accesorio. Las tuberías eléctricas metálicas se deben sujetar como mínimo cada 0,9 m.”

Los cajetines utilizados en instalaciones interiores son los de forma octogonal, cuadrada y rectangular, estos pueden estar fabricados de material metálico o plástico; son de utilización para el montaje de los elementos eléctricos (interruptores, tomacorrientes, luminarias, entre otras), además de proporcionar un punto de acceso al momento de pasar cables, están contruidos de tal forma que eviten la corrosión.

3.5.- Código de colores para conductores

Con la finalidad de evitar errores en las instalaciones interiores, se prevé normalizar los colores de los conductores; estos deberán de seguir para estandarizar criterios entre profesionales como se muestran en la tabla 3.2.

Tabla 3.2. Clasificación de los colores de conductores

Tipos de Conductores	Colores
Neutro	Blanco
Tierra	Verde, Verde/amarillo
Fase	Color entero diferente de los mencionados anteriormente (Azul, Negro, Rojo, entre otros).

3.6.- Empalmes

Es un medio de conexión para completar circuitos. Se pueden presentar de múltiples formas, pero las más conocidas son: por la unión de 2 o más cables de una instalación eléctrica, actualmente los empalmes se pueden realizar por medio de conectores u otros equipos de enlace. Es recomendable si se realiza un empalme de 2 cables cubrirlo con material aislante para evitar accidentes (cinta aislante). La mala realización de los mismos generará un mal contacto, que ante un elevado nivel de corriente provocará un incremento de temperatura; misma que podrá generar daños a la red o incendio en el inmueble. Entre los empalmes más utilizados en instalaciones interiores podemos mencionar el tipo trenzado (cola de ratón), doble torsión (unión western), unión (derivación), unión toma sencilla.

Otro medio de conexión es la aplicación de capuchones que facilitan los empalmes, pero ofrecen menos resistencia a la tracción ante la aplicación de una fuerza externa.

3.7.- Tablero de Distribución (acometidas internas)

Los tableros de distribución son gabinetes para facilitar la distribución de energía eléctrica de manera segura y eficiente, estos dispositivos cuentan con barras y conectores metálicos que permiten distribuir la corriente eléctrica a las diferentes cargas de la instalación, además de proporcionar aislamiento y cubiertas a partes energizadas. Estos equipos sirven como medio de acceso a los sistemas de protección

de un inmueble. La conexión desde el tablero de medición hasta el tablero de distribución se implementará con conductor mínimo de cobre Nº 8 en circuitos residenciales, diseñados para controlar entre 8 a 12 circuitos derivados; para ser ubicados en hábitat bajo techo. En caso de las industrias, el diseño del mismo vendrá sujeto a los requerimientos y especificaciones particulares.



Ilustración 3.3. Tableros de distribución eléctrica tipo panel.

Fuente: ElectriQO – Schneider Electric.

Los tableros se colocan con mayor frecuencia en lugares conocidos como centros de carga (donde existe el mayor flujo de energía del inmueble) como en las cocinas.

Entre los modelos utilizados en inmuebles podemos mencionar los tipos pared y tipo autoportados [12].

Tableros tipo pared: Los tableros presentan la característica de ser montados en la pared o empotrados, los cuales pueden poseer barras, conectores, aislantes y demás equipos de protección eléctrica, permitiendo un fácil acceso al mismo por su parte frontal.

Tableros tipo autoportados: Los tableros de montaje en el piso se caracterizan por tener una estructura rígida estos tableros se emplean para manejar niveles de potencia mayor y además de requerir más espacio para su colocación; el acceso a estos tableros se da por la parte frontal o posterior.

3.8.- Conexión a Tierra

La conexión a tierra tiene como función la derivación de corrientes de falla en los sistemas eléctricos, que son perjudiciales para los dispositivos conectados a la red Las

obras necesarias para la conexión a tierra deberán hacerse en las obras civiles de cimentación, con sus respectivos aterramientos de electrodos o mallado en caso de ser necesario, permitiendo una compatibilidad electromagnética en el sistema.

Según el Código Eléctrico Nacional en su sección 250 (Puestas a Tierra) un sistema de puesta a tierra debe cumplir con los siguientes requisitos:

- *Garantizar condiciones de seguridad a los seres vivos.*
- *Presentar mínima variación de la resistencia debida a cambios ambientales.*
- *Permitir a los equipos de protección despejar rápidamente las fallas.*
- *Tener suficiente capacidad de conducción y disipación de corrientes de falla.*
- *Evitar ruidos eléctricos.*
- *Ser resistente a la corrosión.*
- *Tener facilidad de mantenimiento.*

Se deben tener en cuenta las normas técnicas relacionadas con el tema.

3.8.1.- Elementos de la conexión a tierra

En la toma de tierra es necesario el uso de electrodos (varillas de acero recubiertas de cobre de 5/8 (4 – 6 AWG) x 1.8m), los cuales facilitan el paso de corriente de fuga y deberán permanecer permanentemente en el suelo.

Las características de los materiales a utilizarse deberán ser tales que no sean afectados por la resistencia mecánica y eléctrica, ni mucho menos la corrosión provocada por factores naturales, para ello se puede utilizar envolventes de plomo en el cable de conexión evitando así la susceptibilidad al deterioro o excesiva corrosión que afectan de manera sustancial las características de la conexión a tierra.

En el NEC [10], en su artículo 250-26 inciso c.- manifiesta que: *“El electrodo de puesta a tierra debe tener la máxima accesibilidad posible y estar preferiblemente en la misma zona que la conexión del conductor del electrodo de puesta a tierra a la instalación. El electrodo de puesta a tierra debe ser:*

El miembro metálico de la estructura o edificio puesto eficazmente a tierra y que esté más cerca.

La tubería metálica de agua puesta eficazmente a tierra que esté más cerca.”

3.8.2.- Resistencia en la conexión a tierra

La resistividad presente en el suelo es fundamental para el dimensionamiento del electrodo, la cual puede variar de un punto a otro del terreno debido a los siguientes factores: Sales solubles, estratigrafía, granulometría, temperatura, compactación.



Los valores que se deben de analizar en la revisión de los valores de tierra se encuentran en un rango inferior a los 25 ohm (Ω). Según los estándares manejados por la EERCSCA.

3.8.3.- Revisión de la Puesta a Tierra

La seguridad es fundamental en toda instalación eléctrica tanto en la construcción como en el uso cotidiano, por este motivo la puesta a tierra de una instalación garantiza la seguridad requerida por los usuarios y a su vez las empresas distribuidoras, por ello es obligatoria su supervisión por el director de obra y revisión por personal calificado el cual debe medir los niveles de resistividad del suelo y conductividad.

3.9.- Determinación de las Protecciones de los Circuitos

Las protecciones son medidas preventivas en caso de fallas, que tienen como propósito de evitar daños en las instalaciones de energía eléctrica la cual es susceptible ante variaciones fuertes de sus niveles de servicio. Para proteger los circuitos debemos de tomar en consideración de que tipo van a ser las posibles fallas debido a esto se debe de tomar medidas de precaución, las protecciones de los circuitos normalmente se localizan en los tableros generales o de distribución para un mejor acceso y mantenimiento.

La disposición de las protecciones se localizará para mantenimiento, revisión en el tablero metálico; siendo ésta en la parte frontal de la edificación o zona accesible para su comprobación.

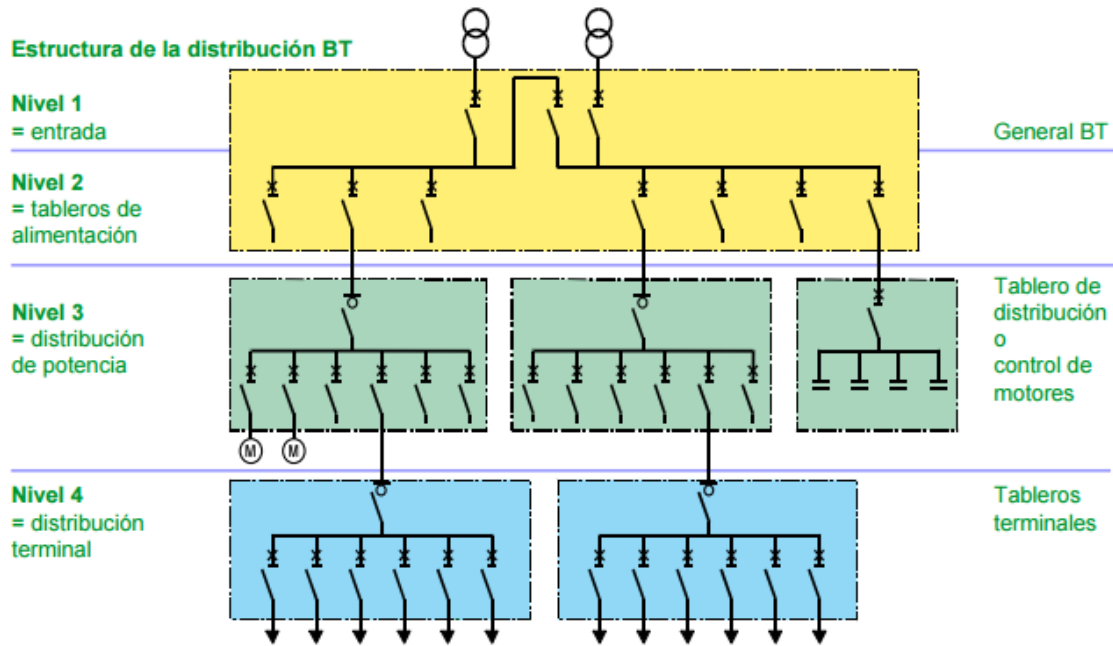


Ilustración 3.4. Niveles de protecciones [14]

Fuente: www.schneider-electric.com.co

Los dispositivos de protección más usados como medio de protección son los interruptores termomagnéticos, entre otros; los cuales deberán de cumplir las condiciones presentadas por medio de las normas vigentes según la NEC, estableceremos las consideraciones que hay que tener en cuenta para la determinación de las protecciones en las instalaciones de edificaciones; por lo que nos enfocaremos en mencionar las más relevantes y que trataremos de plasmarlas en este documento.

Para las protecciones eléctricas domiciliarias se debe tomar a consideración lo siguiente manifestado en el artículo 210-8 del NEC [10]:

“Unidades de vivienda. - Todos los tomacorrientes monofásicos de 15 A y 20 A 120 V, instalados en los lugares que se especifican a continuación, deben ofrecer protección a las personas mediante interruptor de circuito por falla a tierra:

Adyacente a los lavamanos, estén o no en un cuarto de baño.

En exteriores donde haya acceso fácil y directo, a no más de 1,9 m sobre el nivel del piso, desde el terreno a la vivienda y a los tomacorrientes.

En sótanos sin terminado.

Cocinas. Cuando los tomacorrientes estén instalados para servir artefactos situados sobre los mesones.”

3.10.-Tableros de medición [15]

La estandarización de los tableros metálicos en la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. establecidos por medio de diseños realizados previamente en la empresa, a cargo del departamento de DICO en el 2012; los cuales siguen vigentes y son los planos que se muestran en el anexo G: “*Cajas metálicas normalizadas*”.

Estos modelos se han mantenido en vigencia debido a que los requerimientos enfocados a los tableros se han mantenido y no se realizaron nuevas modificaciones.

3.11.- Acometidas externas (Conexión a la red de Distribución) [16]

Se entiende por conexión a la red de distribución, la parte de las instalaciones eléctricas internas que se construye desde las redes de distribución, hasta las instalaciones del usuario, y estará conformada por los siguientes componentes:

- Punto de alimentación
- Conductores
- Ductos
- Tablero general de distribución
- Interruptor general
- Caja de medición

3.11.1.- Continuidad

Los conductores de la acometida serán continuos y del mismo calibre, desde el punto de conexión a la red, hasta los bornes de entrada del equipo de medida tanto de B.V., del mismo modo no se aceptarán empalmes, ni derivaciones en ningún tramo de la acometida.

En la red de B.V., los conductores después del equipo de medición continuarán en el mismo calibre hasta los bornes del equipo de protección general de la instalación del usuario, en la caja o tablero de medidores se debe reservar en su extremo una longitud de acometida no menor a medio perímetro de la caja o medidor, y como mínimo 60 cm, que permita una fácil conexión del equipo de medida.

3.11.2.- Características de una acometida

La conexión a la red de distribución o acometida eléctrica deben mantener las siguientes características constructivas:

Soportes: Si la acometida es fijada en una pared debe tener la consistencia suficiente, con un ancho mayor de quince centímetros, para anclar la caja y sujetar el tubo de bajada, o podrá construirse una columna exclusivamente para la acometida

Ducto: Deberá ser tubo tipo conduit galvanizado de un diámetro de 1 ¼ “, de una sola pieza, no se aceptan tubos con uniones, debe quedar sobrepuesto y visible en su trayectoria hacia la caja del medidor. La altura del extremo superior del tubo, depende si el cable de la acometida atraviesa o no la calle.

Entradas: Va instalado en el extremo superior del tubo de acometida, en él se introducen los cables de servicio que conecta las líneas de distribución con el medidor. Debe de evitar la entrada de agua en el tubo y tener la capacidad para al menos tres cables.

Sujeción: Debe instalarse un gancho de soporte en el tubo de acometida, a una distancia de veinte centímetros por debajo del accesorio de entrada; éste servirá para tensar los cables que vienen de las líneas de distribución. Si la acometida a instalar es cable tipo concéntrico, se debe utilizar únicamente grapa plástica autoajustable.

El Código Eléctrico Nacional [10] con la finalidad de garantizar una correcta instalación de las conexiones eléctricas a la red de distribución recomienda los siguientes artículos:

“230-27. Medios de sujeción. - Los cables de varios conductores utilizados en las acometidas aéreas se deben sujetar a las edificaciones o a las estructuras mediante herrajes identificados para su uso con conductores de acometida.”

“230-28. Mástiles de acometida como apoyo. - Cuando se utilice un mástil de acometida como apoyo de los conductores aéreos de acometida, debe ser de una resistencia adecuada o estar sujeto mediante abrazaderas o alambres de retención que soporten con seguridad los esfuerzos que origina el cable aéreo de acometida.”

“230-29. Soportes sobre las edificaciones. - Los conductores aéreos de acometida que pasen sobre un tejado deben estar debidamente apoyados en estructuras sólidas.”

3.11.3.- Clasificación de las acometidas

3.11.3.1.- Acometidas dependiendo de la cantidad de medidores y su tipo de ingreso [17]

Dependiendo a la solicitud de la cantidad de medidores, se le clasificará para brindar un mejor servicio y según su tipo de conexionado a la red (aéreas – subterráneas), se le presentaran los distintos tipos de conductores y los ductos a ser empleados según se le observa en la tabla 3.3.

Tabla 3.3. Acometidas según número de abonados

Fuente: EERCSCA – DICO 2016 1006 – Ing. Arturo Gutiérrez

	Voltaje de línea monofásica	Voltaje de línea trifásica	Conductor Subterráneo		Conductor Aéreo	
	240 V	220 V	TTU - CU	Ducto en pulgadas	AL Multi conductor	Ducto en pulgadas
	Corriente (A)		AWG		AWG 3xn, 4xn	
1	26,49	20,96	6	1	6	1
2	42,39	33,54	6	1	6	1
3	58,24	46,08	6	1	6	1
4	74,18	58,69	4	1,5	6	1
5	89,40	70,73	4	1,5	6	1
6	101,72	80,48	2	1,5	4	1,5
7	113,99	90,19	2	1,5	2	1,5
8	127,17	100,61	1/0	2	2	1,5
9	139,40	110,29	1/0	2	2	1,5
10	151,68	120,00	1/0	2	2	1,5
11	163,90	129,67	2/0	2	1/0	2
12	176,18	139,38	2/0	2	1/0	2
13	189,36	149,81	2/0	2	1/0	2

3.11.3.2.- Acometidas según el transformador a ser conectados [18]

Las diferentes acometidas van a clasificarse dependiendo del tipo de transformador conectado a la red eléctrica, a su vez la determinación del tipo de medidor a ser empleado, y los calibres de los conductores se establecerán para cada requerimiento, conjuntamente con la tasa de cobro para cada servicio proporcionado.

Las acometidas se presentan en la tabla 3.4 y tabla 3.5.

Tabla 3.4. Clasificación de las acometidas por transformador trifásico

Fuente: EERCSCA – Ing. José Guillermo Vásquez G.

MEDICIÓN EN MEDIO VOLTAJE MEDIDO AL SECUNDARIO				
TRANSFORMADOR TRIFÁSICO				
MEDICIÓN DIRECTA				
TRAFO	TIPO DE MEDIDOR	CONDUCTOR	Transformador de Corriente	Tarifa
30 KVA	FM16ACL100 de Bornera	N° 2 AWG Máximo		CD/ID en MT
45 KVA	FM16SCL200 con Base Socket	Superflex, Corriente Nominal Trafo		MT Horaria
50 KVA	FM16SCL200 con Base Socket	Superflex, Corriente Nominal Trafo		MT Horaria
60 KVA	FM16SCL200 con Base Socket	Superflex, Corriente Nominal Trafo		MT Horaria
75 KVA	FM16SCL200 con Base Socket	Superflex, Corriente Nominal Trafo		MT Horaria
TRANSFORMADOR TRIFÁSICO				
MEDICIÓN INDIRECTA				
TRAFO 3F	TIPO DE MEDIDOR		Transformador de Corriente	Tarifa
100 KVA	FM10ACL20 de Bornera	Corriente Nominal Trafo	250-300/5, CL 0,5 VA 5	MT Horaria
112,5 KVA	FM10ACL20 de Bornera	Corriente Nominal Trafo	300/5, CL 0,5 VA 5	MT Horaria
125 KVA	FM10ACL20 de Bornera	Corriente Nominal Trafo	300/5, CL 0,5 VA 5	MT Horaria
150 KVA	FM10ACL20(Compensación de pérdidas) de Bornera	Corriente Nominal Trafo	400/5, CL 0,5 VA 5	MT Horaria
160 KVA	FM10ACL20(Compensación de pérdidas) de Bornera	Corriente Nominal Trafo	400/5, CL 0,5 VA 5	MT Horaria
175 KVA	FM10ACL20(Compensación de pérdidas) de Bornera	Corriente Nominal Trafo	500/5, CL 0,5 VA 5	MT Horaria
200 KVA	FM10ACL20(Compensación de pérdidas) de Bornera	Corriente Nominal Trafo	500/5, CL 0,5 VA 5	MT Horaria

- En Transformadores a 440 V, la relación de los TC será de acuerdo a la corriente nominal del transformador, Medidor FM10ACL20.
- Transformadores de potencia superior a 200 kVA, la medición será Indirecta en MV al primario, siendo necesario equipo adicional como Transformador Mix y/o TC (Corriente Nominal Trafo) y TP (22000/110 V), CL 0,2. EL Medidor FM10ACL20.

Tabla 3.5 Clasificación de las acometidas por transformador monofásico

Fuente: EERCSCA – Ing. José Guillermo Vásquez G.

MEDICIÓN EN MEDIO VOLTAJE MEDIDO AL SECUNDARIO				
TRANSFORMADOR MONOFÁSICO				
TRAFO	TIPO DE MEDIDOR	CONDUCTOR	Transformador de Corriente	Tarifa
5 KVA	2F3H(E) de Bornera, Medición Directa	N° 2 AWG Máximo		CD/ID en MT
10 KVA	2F3H(E) de Bornera, Medición Directa	N° 2 AWG Máximo		CD/ID en MT
15 KVA	2F3H(E) de Bornera, Medición Directa	N° 2 AWG Máximo		CD/ID en MT
25 KVA	FM12SCL200 con Bse Socket, Medición Directa	Superflex, Corriente Nominal Trafo		CD/ID en MT
37,5 KVA	FM12SCL200 con Bse Socket, Medición Directa	Superflex, Corriente Nominal Trafo		MT Horaria
50 KVA	FM12SCL200 con Bse Socket, Medición Directa	Superflex, Corriente Nominal Trafo		MT Horaria
75 KVA	FM5SCL20 con Bornera, Medición Indirecta	Superflex, Corriente Nominal Trafo	300/5 A, CL 0,5 VA 5	MT Horaria

CAPÍTULO IV

4. DIMENSIONAMIENTO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN

4.1.- Objetivo del capítulo

Las características de construcción de las redes de distribución de energía cambian a medida que la tecnología avanza, basándose en los requerimientos que se prevean para los circuitos a instalar, por tal motivo estas redes deberán de adaptarse con las normas vigentes en el país para estar a la vanguardia de las tecnologías, brindando un mejor servicio, seguridad e integridad a la red eléctrica de la EERCSCA.

4.2.- Alcance

Este capítulo comprende el dimensionamiento de la red de distribución de medio, bajo voltaje y las estaciones de transformación; mediante la aplicación de metodologías homologadas, la determinación de las protecciones de los transformadores, el análisis de las caídas de voltajes, las consideraciones alumbrado público, entre otras.

El desarrollo de este capítulo incluye el análisis del Programa de Eficiencia en el Calentamiento, por lo que fue necesaria la revisión de las metodologías utilizadas para la determinación de la demanda; de manera que se considere el incremento de la demanda debido a la carga de las cocinas de inducción, así como también las disposiciones emitidas a través de leyes y regulaciones, tales como la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica – LOSPEE y diferentes regulaciones emitidas por el CONELEC o ARCONEL.

4.3.- Determinación de la capacidad del transformador

El análisis de los resultados obtenidos con la metodología utilizada para la determinación de las demandas máximas, muestra que en la mayor parte del país se sobredimensionaban las estaciones de transformación. Debido a estos resultados, el MEER propuso homologar el método para la determinación de la capacidad del transformador; decidiéndose aplicar el método empleado por la Empresa Eléctrica Quito. Con el sustento basado en un estudio realizado por la REA (Rural Electrification Administration) que toma como valor referente la categorización de los clientes residenciales por rangos de consumo.

Para su aplicación es necesario zonificar geográficamente el área de servicio, de acuerdo a los estratos determinados. De esta forma las nuevas edificaciones o

urbanizaciones se ubican dentro del estrato de consumo de la zona, para la estimación de la demanda.

4.3.1.- Cálculo de la demanda

En la aplicación de la metodología se considera que la demanda eléctrica de un usuario residencial está compuesta por el requerimiento de los equipos de uso general dentro de una vivienda, adicionando la demanda por la cocina de inducción.

4.3.1.1 Demanda de los equipos de uso general

El primer componente de la demanda, es decir el requerimiento de los equipos de uso general, se determina en función de la metodología REA, la cual estima la demanda con base al número de consumidores (C) y al consumo promedio (kWh/mes) del usuario.

En este método se establecen dos factores:

$$\text{Factor } A = N[1 - 0,4N + 0,4(N^2 + 40)^{0,5}] \quad 4.1$$

$$\text{Factor } B = 0,005925(\text{kWH}/\text{mes}/\text{abonado})^{0,885} \quad 4.2$$

El factor A que depende del número de usuarios en el sector y relaciona la diversificación en el uso de la energía.

El factor B comprende la relación del consumo de energía promedio por mes y por cliente y permite el mejoramiento del factor de carga con el incremento del consumo

La demanda en kW se determina como el producto de estos dos factores A y B.

$$kW = A \times B^7 \quad 4.3$$

Donde:

Factor A = Factor de abonados.

N = Número de consumidores.

kWH/mes/abonado = Consumo de energía mensual por usuario.

Para la aplicación de este método, fue necesario estratificar a los consumidores residenciales de toda el área de concesión de la CENTROSUR, mediante la

⁷ A. Herrera, "Estudio para el Factor de Carga para el Diseño Eléctrico de Edificios de Oficinas y Locales Comerciales del Sector Comercial en la Ciudad de Quito", 2007.

aplicación de métodos estadísticos, determinándose seis estratos conforme el cuadro adjunto (Tabla 4.1).

Tabla 4.1. Estratos de consumo característicos

Fuente: EERCSCA

Estrato	Rango de Consumo
E	$1 < kWh \leq 60$
D	$61 < kWh \leq 110$
C	$111 < kWh \leq 180$
B	$181 < kWh \leq 310$
A	$311 < kWh \leq 500$
A1	$501 < kWh \leq 1000$

En cada uno de los estratos, se escogió el límite superior del rango de consumo para determinar el factor B.

El método REA es aplicable para 5 o más usuarios, mediante la utilización de la ecuación 4.1, por lo que para determinar las demandas de 1 a 4 usuarios; hace uso de la definición del Factor de Coincidencia:

$$FC = \frac{DMC}{DMNC} = \frac{DMC}{N * DMU} \quad 4.4$$

Donde:

DMC = Demanda máxima coincidente

$DMNC$ = Demanda máxima unitaria por el número de la muestra

Se deberá referenciar a la ilustración 4.1 la curva A del Electric Utility Engineering, para usuarios sin equipos de cocción eléctrica.

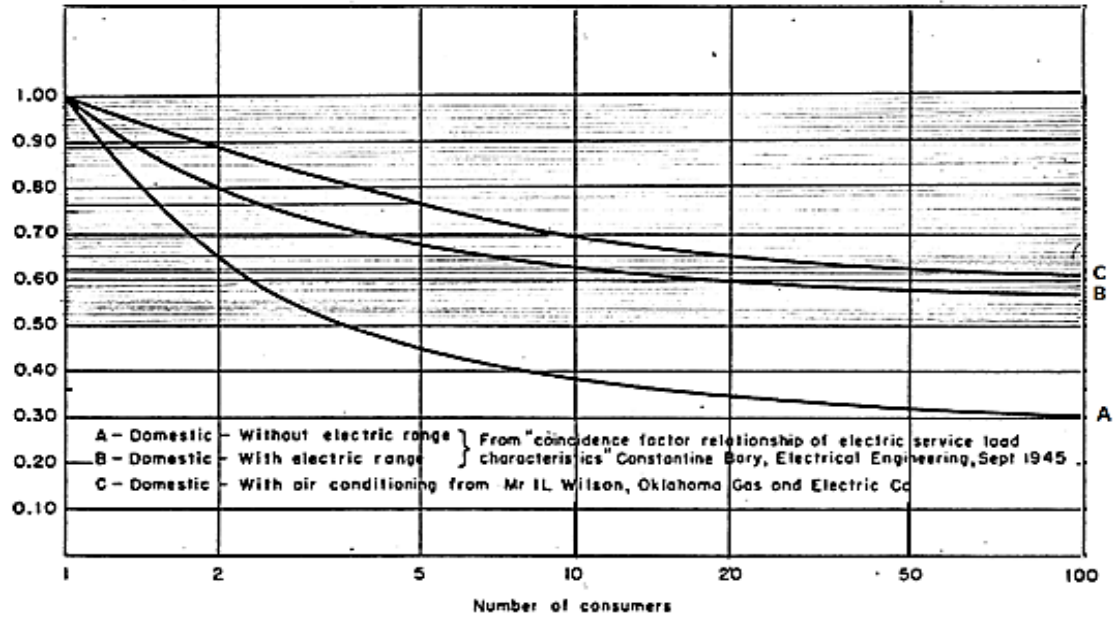


Ilustración 4.1. Curva “Number of consumers” del Electric Utility Engineering

Fuente: *Electric Utility Engineering Reference Book: Distribution systems Westinghouse Electric Corporation. Electric Utility Engineering Dept. 1965*

El análisis de la curva A dará como resultado los factores de coincidencia presentados en la tabla 4.2.

Tabla 4.2. Factor de coincidencia sin cocinas de inducción

Fuente: EERCSCA

# CLIENTES [N]	FACTOR DE COINCIDENCIA [FC]
1	1,000
2	0,665
3	0,583
4	0,500
5	0,445

Para la determinación de la demanda para 1 a 4 usuarios se aplican la ecuación 4.5 y la tabla 4.2.

$$DM_{1-4} = N * DMU * Fc \quad 4.5$$

Donde:

N = Número de clientes residenciales.

DMU = Demanda máxima unitaria.

Fc = Factor de coincidencia.

Para la determinación del factor de uno a cuatro usuarios sin cocinas de inducción, su análisis parte de la demanda máxima unitaria obtenida de la ecuación 4.6 dividido para la cantidad de la muestra (5 usuarios), como se observa en la ecuación 4.7 y la tabla 4.2 de factor de coincidencia sin cocinas de inducción.

$$\sum DMU = \frac{DM_{5 \text{ CLIENTES}}}{FC_{5 \text{ CLIENTES}}} \quad 4.6$$

Donde:

$DM_{5 \text{ CLIENTES}}$ = Demanda máxima de diseño de 5 clientes dependiendo del estrato.

$FC_{5 \text{ CLIENTES}}$ = Factor de coincidencia (0,445) según la curva A.

$$DMU = \frac{\sum DMU}{5} \quad 4.7$$

Dando como resultado la tabla presente en el anexo H: “*Demanda por estrato de usos generales en viviendas*”.

4.3.1.2 Demanda de las cocinas de inducción

Para la determinación de la demanda máxima diversificada, se deben plantear la demanda máxima diversificada de n cocinas de inducción, conforme la siguiente expresión:

$$DMD_{NCI} = 0,6 * N_{CI} * DMU_{CI} * FC_{CI} \quad 4.8$$

Donde:

N_{CI} = Número de clientes residenciales considerando cocina.

FC_{CI} = Factor de coincidencia considerando n cocina.

DMU_{CI} = Demanda máxima unitaria de la cocina de inducción.

En el estudio realizado por el MEER para establecer el impacto de la cocción eficiente en la demanda máxima del sistema nacional, se determinó que la demanda máxima exclusivamente de las cocinas de inducción coincide con la hora de cocción de los alimentos para el almuerzo, esto es de 10:00 a 12:00, representando un 20% de la participación en la demanda de potencia del sistema que se da en este período. Por otro lado, la demanda máxima del sistema se da a las 19:30, hora en la cual, según el mismo estudio, la cocción tiene una participación del 12% en la demanda de potencia, representando el 60% de la demanda máxima de las cocinas de inducción en la hora pico.

Considerando que los diseños deben ser realizados bajo el efecto de la influencia de la carga del proyecto en horas de máxima demanda, entonces el valor de demanda de las cocinas se afecta por el factor de 0,6.

Para la determinación de la DMU_{CI} , se parte de los lineamientos dados por el MEER, en considerar una potencia por cocina de 4 kW, y por un factor de demanda de 0.8, conforme la normativa de la NEC, presentada en la Ilustración 4.2.

$$DMU_{CI} = fd * P_{CI} \quad 4.9$$

Es decir, la demanda unitaria de la cocina de inducción será 3.2 kW.

Número de aparatos	Factor de demanda (%)		Columna C Demanda máxima (kW) no más de 12 kW)
	Columna A (menos de 3 ½ kW)	Columna B (de 3 ½ kW hasta 8 ¾ kW)	
1	80	80	8
2	75	65	11
3	70	55	14
4	66	50	17
5	62	45	20

Ilustración 4.2. Factores de demanda y cargas para estufas eléctricas domésticas, hornos de pared, parrillas eléctricas montadas en la superficie del mueble de cocina y otros aparatos de cocción de las de 1.75 kW

Fuente: NEC – Tabla 220-55

Para la determinación del factor de coincidencia FC_{CI} , se plantea la ecuación 4.10.

$$FC_{CI} = \frac{DMC_{CI} * N}{DMNC_{CI}} = \frac{DMC_{CI} * \cancel{N}}{\cancel{N} * DMU_{CI}} = \frac{DMC_{CI}}{DMU_{CI}} \quad 4.10$$

Donde:

FC_{CI} = Factor de coincidencia considerando n cocinas.

DMC_{CI} = Demanda máxima coincidente

$DMNC_{CI}$ = Demanda máxima no coincidente

DMU_{CI} = Demanda máxima unitaria (cocina eléctrica 3.8 kW)

Se deberá referenciar a la ilustración 4.3 del Electric Utility Engineering de la Westinghouse, la curva “Ranges”, para la determinación de los valores del factor de coincidencia de cocción eléctrica.

Load Characteristics

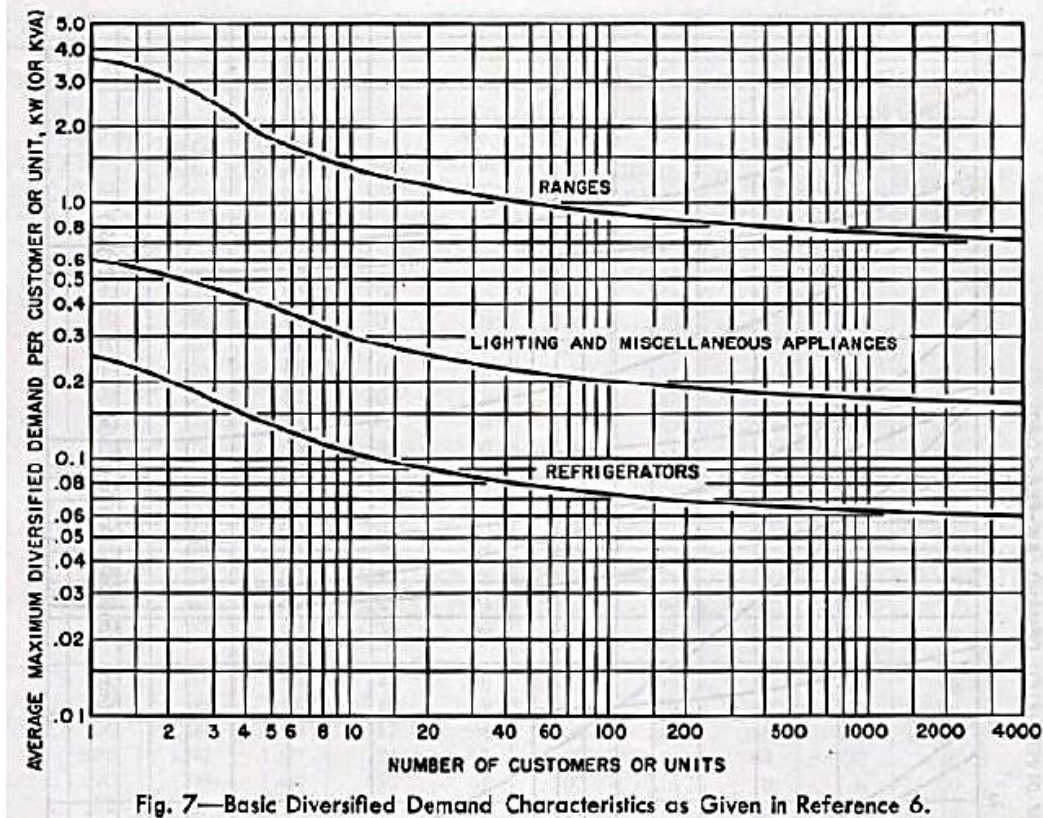


Ilustración 4.3. Demanda máxima diversificada promedio de cocinas, refrigeradores y equipos varios

Fuente: Electric Utility Engineering Reference Book: Distribution systems Westinghouse Electric Corporation. Electric Utility Engineering Dept. 1965.

Tabla 4.3. Demanda máxima coincidente y demanda máxima unitaria para cocinas de inducción

Fuente: EERCSCA

Demanda máxima del sistema		3,8 kW
# de equipos	Demanda máxima coincidente N CI (kW)	FC_{CI}
		Demanda máxima no coincidente N CI / Demanda máxima unitaria
1	3,8	1,00
2	3	0,78
3	2,5	0,65
4	2	0,52
5	1,8	0,47
6	1,65	0,43
7	1,5	0,39
8	1,45	0,38
9	1,4	0,36
10	1,35	0,35
15	1,25	0,32
20	1,2	0,31
30	1,1	0,28
40	1,05	0,27
50	1	0,26
60	0,98	0,25
70	0,96	0,25
80	0,94	0,24
90	0,92	0,24
100	0,9	0,23
150	0,875	0,23

En el estudio realizado por el MEER, mediante el análisis de los datos de la curva “Ranges” referente a cocinas eléctricas aplicado un método de linealización logarítmica se obtuvo la ecuación 4.11.

$$FC_{CI} = 0,485 * (N_{CI})^{-0,128443} + 0,037 \quad 4.11$$

A partir de este análisis se plantea el anexo I: “Demanda considerando n cocinas de inducción”.

4.3.1.3 Demanda Máxima de Diseño (usos generales y cocinas de inducción)

Como se mencionó anteriormente, el método REA no es aplicable para un número de consumidores menores a 5; razón por la cual, para determinar la demanda de diseño, considerando la demanda por los equipos de uso general y las cocinas de inducción, se divide el análisis en dos partes.

A. Demanda de diseño para 5 o más consumidores:

Se aplica la ecuación 4.12

$$DMD = (A * B) + DMD_{NCI} \quad 4.12$$

Donde:

$(A * B)$ = Demanda por estrato para equipos de usos generales en viviendas (anexo H: “*Demanda por estrato de usos generales en viviendas*”).

DMD_{NCI} = Demanda máxima diversificada de n cocinas de inducción (anexo I: “*Demanda considerando n cocinas de inducción*”).

B. Demanda de diseño de 1 a 4 usuarios

Esta demanda se obtiene mediante la aplicación de la expresión 4.13, en la cual el valor de DMU corresponde a la demanda considerando los equipos de uso general y cocinas de inducción.

$$DMD_{1-4} = N * DMU * Fc \quad 4.13$$

Donde:

N = Número de clientes residenciales.

DMU = Demanda máxima unitaria.

Fc = Factor de coincidencia.

Para la determinación de los factores de coincidencia, considerando la demanda para usuario residencial incluido las cocinas de inducción, se utilizará la curva B de la ilustración 4.4 del Electric Utility Engineering de la Westinghouse; de donde se obtiene los factores tabulados en la tabla 4.4.

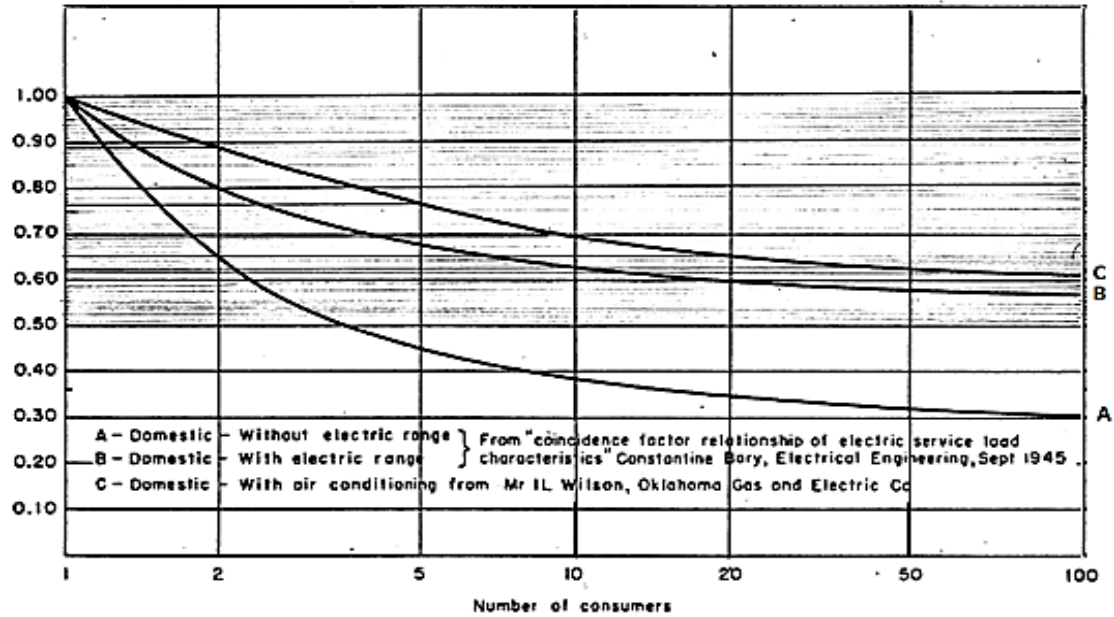


Ilustración 4.4. Curva "Number of consumers" del Electric Utility Engineering

Fuente: Electric Utility Engineering Reference Book: Distribution systems Westinghouse Electric Corporation. Electric Utility Engineering Dept. 1965.

Tabla 4.4. Factor de coincidencia considerando cocinas de inducción

Fuente: EERCSCA

# CLIENTES [N]	FACTOR DE COINCIDENCIA [FC]
1	1,000
2	0,800
3	0,733
4	0,700
5	0,675

Para obtener el valor de la DMU partimos de la demanda máxima de diseño para 5 usuarios y el factor de coincidencia considerando las cocinas de inducción.

$$\sum DMU = \frac{DM_{5 \text{ CLIENTES}}}{FC_{5 \text{ CLIENTES}}} \quad 4.14$$

Donde:

$DM_{5 \text{ CLIENTES}}$ = Demanda máxima de diseño de 5 clientes dependiendo del estrato.

$FC_{5 \text{ CLIENTES}}$ = Factor de coincidencia (0,675) según la curva B.

Después dividimos para la muestra de 5 clientes y obtenemos el valor correspondiente de DMU.

$$DMU = \frac{\sum DMU}{5} \quad 4.15$$

Aplicado este análisis se presentan los resultados tabulados en el anexo J: “*Demanda máxima de diseño (usos generales y cocinas de inducción)*”.

4.3.1.4.- Aplicación de la metodología para el cálculo de la demanda

Los pasos a seguir para la aplicación de esta metodología es la siguiente:

1. De acuerdo a la ubicación del proyecto, identificar el estrato al que pertenece según el mapa de estratificación. Que se lo puede consultar en la página web de la CENTROSUR en el link SERVICIOS – NUEVAS DEMANDAS DE SERVICIO ELÉCTRICO⁸
2. Identificar la cantidad de consumidores residenciales a ser considerados en ese proyecto, considerando los siguientes criterios:
 - a. **Lotización:** Todos los usuarios deberán de proyectarse con la demanda incluida la cocina de inducción.
 - b. **Condominios:** Todas las viviendas deberán de proyectarse con la demanda incluida la cocina de inducción.
 - c. **Propiedad horizontal:** Todos los departamentos deberán de proyectarse con la demanda incluida la cocina de inducción.
 - d. **Viviendas particulares:** Todos los usuarios residenciales deberán de proyectarse con la demanda incluida la cocina de inducción.
 - e. Locales comerciales pequeños, tales como tienda de barrio, papelerías, boutiques, entre otras.
 - f. Cada uno de los contadores de energía existentes con tarifa residencial.
3. Determinada la cantidad de usuarios residenciales y el estrato, remitirse al anexo J: “*Demanda máxima de diseño (usos generales y cocinas de inducción)*” para la determinación de la demanda del proyecto.

Consumidores Especiales: Dentro de éstos se consideran a los consumidores comerciales, industriales e industriales artesanales, y su demanda se determinará en función de la carga instalada y la aplicación de los diferentes

⁸ CENTROSUR. «Nuevas Demandas de Servicio Eléctrico» En:
<http://gis-sigde.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=59f07db37fc24a0e8c453f62503c3f22>

factores de demanda y coincidencia, los mismos que dependerán del uso que se dé a la energía dentro de sus procesos.

Ejemplo 1:

Consideremos una construcción en el sector de Totoracocha (Buerán y Sara Urco), para albergar 2 usuarios residenciales y 2 locales comerciales (tienda, papelería), según el siguiente emplazamiento.

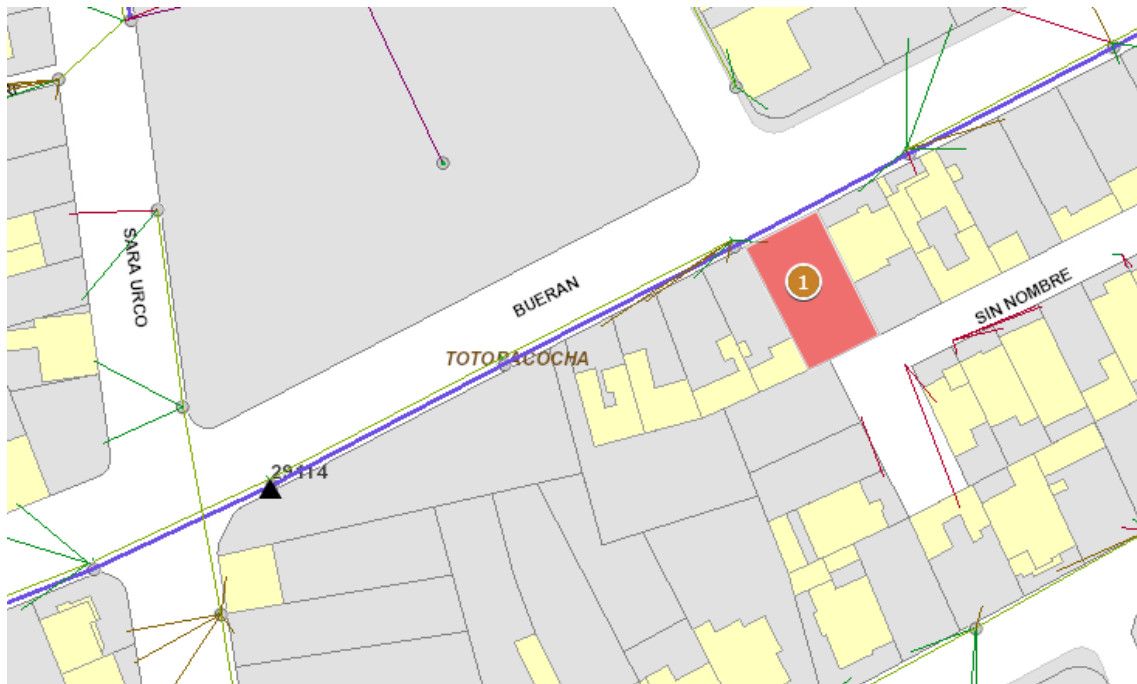


Ilustración 4.5. Proyecto a analizar

Fuente: EERCSCA – GEOPORTAL

1. Según el sector Totoracocha se encuentra en el estrato “C” $111 < kWh \leq 180$ según el mapa de estratificación.
2. Se analiza la cantidad de usuarios residenciales en el emplazamiento de la ilustración 4.5; 4 usuarios.
3. Según la tabla de estratificación presentada en el anexo J: “*Demanda máxima de diseño (usos generales y cocinas de inducción)*”, se procede a identificar el valor de la demanda en kVA (4 usuarios estrato C – 8,77 kVA).

4.3.3.- Dimensionamiento de transformadores

Para definir la capacidad mínima de un transformador, en el área de concesión de la EERCSCA, se plantea la ecuación 4.16.

$$kVA(t) = (DD + AP) * \eta \quad 4.16$$

Donde:

DD = Demanda de diseño kW.

η = Factor de sobrecarga = 0,8

AP = Sistema de alumbrado público (vial, ornamental, intervenido).

4.3.3.1.- Para el caso de edificaciones o condominios

Se identificará la ubicación para determinar el estrato al que pertenezca el proyecto dependiendo de la cantidad de usuarios residenciales. El diseño de las instalaciones internas y factores de demanda se mantienen, pero solamente para el dimensionamiento de las instalaciones. Se revisarán los valores en la tabla del anexo J: *“Demanda máxima de diseño (usos generales y cocinas de inducción)”*.

4.3.3.2.- Para el caso de lotizaciones o urbanizaciones

Por la ubicación se determinará el estrato, de acuerdo al número de lotes/predios se tomará la demanda de la tabla respectiva. Se revisarán los valores en la tabla del anexo J: *“Demanda máxima de diseño (usos generales y cocinas de inducción)”*.

4.3.4.- Clasificación de los transformadores

La determinación del transformador se dará de acuerdo a las necesidades del proyecto; estas se obtendrán de acuerdo a los requerimientos del mismo a ser implementado, estos valores serán determinados por el profesional a cargo del proyecto.

4.3.4.1.- Transformadores monofásicos

Los transformadores monofásicos para redes aéreas serán del tipo autoprotegidos; en tanto que para redes subterráneas estas podrán ser de tipo frente muerto o pedestal.

La EERCSCA utiliza transformadores con las siguientes capacidades: 10, 15, 25, 37.5, 50 kVA para redes aéreas, mientras que para las redes subterráneas existen transformadores con potencias de 75, 100 y 150 kVA.

Nota: Los transformadores monofásicos proyectados serán del tipo autoprotegidos, y se instalarán con seccionadores tipo fusible para su mantenimiento en caso de que se instalen en la matriz principal del alimentador, con la finalidad de proteger la misma y como protección de respaldo del transformador.

4.3.4.2.- Transformadores trifásicos

Los transformadores empleados en las redes de distribución de la Empresa se les consideran de tipo convencional mientras que para redes subterráneas esos podrán ser de tipo pedestal (padmounted), frente muerto, entre otros.

La EERCSCA maneja transformadores con las siguientes capacidades: 30, 45, 50, 75 kVA para redes de distribución aérea; mientras que las redes que requieran mayores potencias podrán ser diseñadas para usos particulares dependiendo de las necesidades que presente el proyecto.

4.3.4.3.- Tipos de transformadores

Los transformadores se elegirán dependiendo del proyecto donde serán empleados, estos también se definirán según su topología (radial - mallada). Entre los tipos de transformadores se les puede considerar los tipos convencional, frente muerto, pedestal, sumergibles estos transformadores se lo mencionará más a detalle en el capítulo V de este trabajo.

4.3.5.- Protecciones de los transformadores

Las protecciones de los transformadores se las podrá identificar según las capacidades que se manejen y estas están establecidas en las siguientes tablas 4.5 y 4.6 que clasifican según su tipo trifásico – monofásico. Estos valores que son obtenidos sobre la base de un estudio de coordinación de protecciones.

Tabla 4.5. Selección de fusibles para transformadores trifásicos de distribución

Fuente: EERCSCA

TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS								
TRANSFORMADORES	VOLTAJE PRIMARIO						VOLTAJE SECUNDARIO	
	22kV		6,3kV		13,8kV		220/127 V	
kVA	In	FUSIBLE	In	FUSIBLE	In	FUSIBLE	In	FUSIBLE
30	0,79	2H	2,75	5K	1,26	3H	78,82	63
45	1,18	2H	4,13	10K	1,88	5H	118,23	100
50	1,31	3H	4,59	10K	2,09	5H	131,37	125
75	1,97	5H	6,88	15K	3,14	6K	197,06	160
100	2,63	5H	9,18	25K	4,19	10K	262,74	224
112,5	2,96	6K	10,32	25K	4,71	10K	295,59	250
125	3,28	6K	11,47	25K	5,24	10K	328,43	250
150	3,94	8K	13,76	25K	6,28	15K	394,11	315
160	4,2	10K	14,68	25K	6,7	15K	420,39	400
200	5,25	12K	18,35	40K	8,38	20K	525,49	400
250	6,57	15K	22,94	40K	10,47	25K	656,86	500
315	8,28	15K	28,9	65K	13,19	25K	827,64	630

Tabla 4.6. Selección de fusibles para transformadores monofásicos de distribución

Fuente: EERCSCA

TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS								
TRANSFORMADORES	VOLTAJE PRIMARIO						VOLTAJE SECUNDARIO	
	22kV/12,7kV		6,3kV		13,8kV/7,97kV		120/240 V	
kVA	In	FUSIBLE	In	FUSIBLE	In	FUSIBLE	In	FUSIBLE
5	0,39	1H	0,79	2H	0,63	1H	20,83	20
10	0,79	2H	1,59	3H	1,25	3H	41,67	36
15	1,18	3H	2,38	5H	1,88	5H	62,5	63
25	1,97	5H	3,97	10K	3,13	6K	104,17	100
37,5	2,95	6K	5,95	15K	4,70	10K	156,25	125
50	3,94	10K	-----	-----	6,27	12K	208,33	160

Donde:

In: Corriente nominal en amperios

Fusible: Capacidad del tirafusible.

Voltaje primario, corriente nominal en amperios y designación H y K según EEI – NEMA.

4.4.- Metodología aplicada para el cálculo del factor de caída de voltaje (FDV) [20]

Los cálculos relacionados con los FDVs están analizados a continuación presentando un modelo realizado por la CENTROSUR.

Para el cálculo de la caída de voltaje se aplicará el método de momento de potencia aparente de cada conductor para 1% de caída de voltaje, para el cual se aplicarán los valores de kVA x km para medio voltaje (22, 13.8 y 6.3 kV); y, kVA x metro para bajo voltaje. Para el caso de 6.3 kV se realizará el estudio en las caídas en el próximo capítulo debido a que estas redes se manejan las redes subterráneas.

Como se muestra en la ecuación 4.17

$$FDV = \frac{1000 * (10 * (kV_{f-n})^2 * P)}{\sigma} \quad 4.17$$

$$\sigma = R * \cos\theta + X * \sen\theta$$

Dónde:

R = Resistencia [Ω /km]

X = Reactancia inductiva [Ω /km]

$\cos\theta$ = Factor de potencia igual a 0,9

kV_{f-n} = Voltaje fase neutro [kV]

$P = 1/2$ si 1F2C Monofásico - Bifilar

$P = 2$ si 1F3C Monofásico o Bifásico - Trifilar

$P = 3$ si 3F4C Trifásico – Tetrafilar

4.4.1.- Cálculo de FDV en redes preensambladas

El cálculo de los FDVs en redes preensambladas, considera la norma IRAM 2263⁹, que señalan las especificaciones técnicas de conductores de las unidades de propiedad del MEER en la tabla 4.7.

⁹ Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. IRAM 2263:1994. "Cables Preensamblados con conductores. Al aislados con Polietileno reticulado para líneas aéreas de hasta 1,1 kV"

Tabla 4.7. Datos de los cables preensamblados

Fuente: Norma IRAM 2263

Material	ASC	ASC	ASC	ASC	ASC
Sección [mm ²]	25	35	50	70	95
Calibre Aproximado [AWG]		2	1/0	2/0	3/0
Número hilos	6	6	6	12	15
Diámetro exterior aislado [mm]	9	10,5	11,4	13,6	15,8
Alargamiento a ruptura (hilos) [%]			1,5	1,5	1,5
Resistencia Ω/km a 20° C	1,2	0,868	0,641	0,443	0,32
Corriente admisible [A]			120	155	190
Material Aislamiento			XLPE 90 ° C	XLPE 90 ° C	XLPE 90 ° C
Espesor nominal del aislamiento [mm]	1,4	1,6	1,6	1,8	2
Radio del conductor [cm]		0,33	0,40	0,47	0,55

Nota: ASC Aluminio puro

Para la determinación de los FDVs se aplica el procedimiento metodológico expuesto en la ecuación 4.17. De acuerdo a la tabla 4.7, la resistencia eléctrica se calcula para una temperatura de operación de 90°C, indican las especificaciones de las unidades de propiedad del MEER.

De acuerdo al tipo de sistema monofásico o trifásico y el nivel de voltaje se obtienen los factores que se presentan en la tabla 4.8.

Tabla 4.8. Factores de caída de voltaje para conductores preensamblados a 90 °C

Fuente: EERCSCA

Fase Calibre N° x mm ²	Neutro N° x mm ²	Resistencia AC [Ω/km] a 90 °C	XL [Ω/km]	220 V	208 V	240 V
				3F4C	3F4C	2F3C
2x35	1x35	1,105	0,106	-	-	277
2x50	1x50	0,816	0,102	-	-	370
2x70	1x50	0,564	0,101	-	-	522
2x95	1x50	0,407	0,100	-	-	705
3x35	1x35	1,105	0,106	465	415	-
3x50	1x50	0,816	0,102	621	555	-
3x70	1x50	0,564	0,101	877	783	-
3x95	1x50	0,407	0,100	1184	1057	-

4.4.2.- Cálculo de FDV en redes aéreas

Los conductores utilizados en las redes aéreas de bajo y medio voltaje son del tipo ACSR, cuyas características de conductividad y resistencia mecánica son adecuados para la utilización en redes desnudas. Las características de los conductores, de acuerdo a la homologación de las unidades de propiedad¹⁰ y a catálogos¹¹, se presentan en la tabla 4.9.

Tabla 4.9. Especificaciones de conductores tipo ACSR, 7 hilos

Fuente: *Electrical Transmission and Distribution Reference Book*

Calibre AWG - MCM	# Hilos Al	# Hilos Steel	ϕ Al [mm]	ϕ Steel [mm]	Área Sección transversal nominal [mm ²]	ϕ exterior [mm]	RMG [mm]	Capacidad i mínima [A]
4	6	1	2,12	2,12	21,15	6,350	1,332	140
2	6	1	2,67	2,67	33,62	8,026	1,274	184
1/0	6	1	3,00	3,00	53,49	9,017	1,359	242
2/0	6	1	3,37	3,37	67,43	10,109	1,554	276
3/0	6	1	3,78	3,78	85,01	11,354	1,829	315
4/0	6	1	4,25	4,25	107,2	12,751	2,481	357

El cálculo de la resistencia eléctrica considera la resistividad de 0,02828 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ y 0,15 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$, para el aluminio y el acero, respectivamente. También se incluye el efecto del cableado de 0,015 para conductores con 7 hilos, a una temperatura de operación de 50°C cuyos coeficientes de temperatura son de 0,00403 y 0,0042 C^{-1} , para el aluminio y acero, en su orden; y el efecto superficial o piel a una frecuencia de 60 Hz.

Los resultados de las reactancias inductivas y de los factores de caída de voltaje a un factor de potencia de 0,9 se presentan en la tabla 4.10 para redes de medio voltaje.

¹⁰ Unidades de Propiedad. “Especificaciones Técnicas de Materiales” En: www.unidadesdepropiedad.com

¹¹ Westinghouse Electric Corporation. “Characteristics of Aerial Lines”. En: *Electrical Transmission and Distribution Reference Book*. United States of America 1964. Pág. 50

Tabla 4.10. Factores de caída de voltaje en redes de medio voltaje [kVA x km]

Fuente: EERCSCA

Calibre AWG - MCM	Resistencia Ω/km a 20 $^{\circ}\text{C}$	Resistencia Ω/km a AC 50 $^{\circ}\text{C}$	RMG tablas [mm]	XL [Ω/km]	22 kV			13,8 kV		
					1F2C	2F3C	3F4C	1F2C	2F3C	3F4C
4	1,3160	1,475	1,332	0,516	519	2.077	3.116	205	818	1.227
2	0,8271	0,927	1,274	0,520	760	3.040	4.560	299	1.197	1.796
1/0	0,6552	0,735	1,274	0,515	911	3.642	5.463	359	1.434	2.152
2/0	0,5198	0,583	1,359	0,505	1.083	4.332	6.498	427	1.706	2.559
3/0	0,4123	0,463	1,554	0,492	1.278	5.113	7.669	503	2.014	3.020
4/0	0,3274	0,367	1,829	0,469	1.507	6.027	9.040	593	2.374	3.560

Para la disposición en redes de bajo voltaje, se muestran en las tablas 4.11 y 4.12, se presentan los resultados de las reactancias inductivas y los factores de caída de voltaje para un factor de potencia de 0,9.

Tabla 4.11. Factores de caída de voltaje en redes de bajo voltaje urbana [kVA x m]

Fuente: EERCSCA

Calibre AWG- MCM	Resistencia [Ω/km] a 20 $^{\circ}\text{C}$	Resistencia [Ω/km] a AC 50 $^{\circ}\text{C}$	RMG tablas [mm]	XL [Ω/km]	220 V			208 V			240 V	
					3F4C	2F3C	1F2C	3F4C	2F3C	1F2C	2F3C	1F2C
4	1,3160	1,475	1,332	0,395	323	215	54	288	192	48	192	48
2	0,8271	0,927	1,274	0,399	480	320	80	429	286	71	286	71
1/0	0,6552	0,735	1,359	0,394	581	387	97	520	346	86	346	86
2/0	0,5198	0,583	1,554	0,384	699	466	117	625	416	104	416	104
3/0	0,4123	0,463	1,829	0,371	837	558	139	748	498	125	498	125
4/0	0,3274	0,367	2,481	0,348	1003	669	167	897	597	149	597	149

Tabla 4.12. Factores de caída de voltaje en redes de bajo voltaje rural [kVA x m]

Fuente: EERCSCA

Calibre AWG - MCM	Resistencia [Ω/km] a 20 °C	Resistencia [Ω/km] a AC 50 °C	RMG tablas [mm]	XL [Ω/km]	220 V		208 V		240 V	
					2F3C	1F2C	2F3C	1F2C	2F3C	1F2C
4	1,3160	1,475	1,332	0,448	212	53	189	47	189	47
2	0,8271	0,927	1,274	0,451	313	78	279	70	279	70
1/0	0,6552	0,735	1,359	0,446	377	94	337	84	337	84
2/0	0,5198	0,583	1,554	0,436	451	113	403	101	403	101
3/0	0,4123	0,463	1,829	0,424	537	134	479	120	479	120
4/0	0,3274	0,367	2,481	0,401	638	160	570	143	570	143

4.5.- Caídas de voltaje admisibles en redes de distribución aéreas

Según los estándares de diseño manejados en la EERCSCA, los valores máximos permitidos para las caídas de voltajes son:

Área urbana: 6%

Área rural: 4,5%

Es decir, la caída de voltaje admisible, en el nodo eléctricamente más alejado de la unidad de transformación con la demanda máxima de diseño considerada, no deberá exceder para las redes de distribución eléctrica en Bajo Voltaje a los valores indicados.

Para presentar un diseño que analice las caídas de voltajes en las redes eléctricas, se deberán seguir los formatos presentados por la EERCSCA en el anexo K: “Cálculos de caída de voltaje en redes existentes y proyectadas”.

Continuando el ejemplo 1

- Mediante el análisis de la demanda máxima de diseño, se determinó la carga del nuevo proyecto (8,77 kVA); a partir de estos resultados obtenidos el profesional (solo en caso de que exista la disponibilidad de las redes) analizará la incorporación de la nueva carga al transformador más cercano al proyecto, entre los factores para considerar la adición de la nueva carga se mencionan los siguientes:

- Se deberá de identificar al transformador más próximo a la ubicación (29114 – 75 kVA) ilustración 4.6.

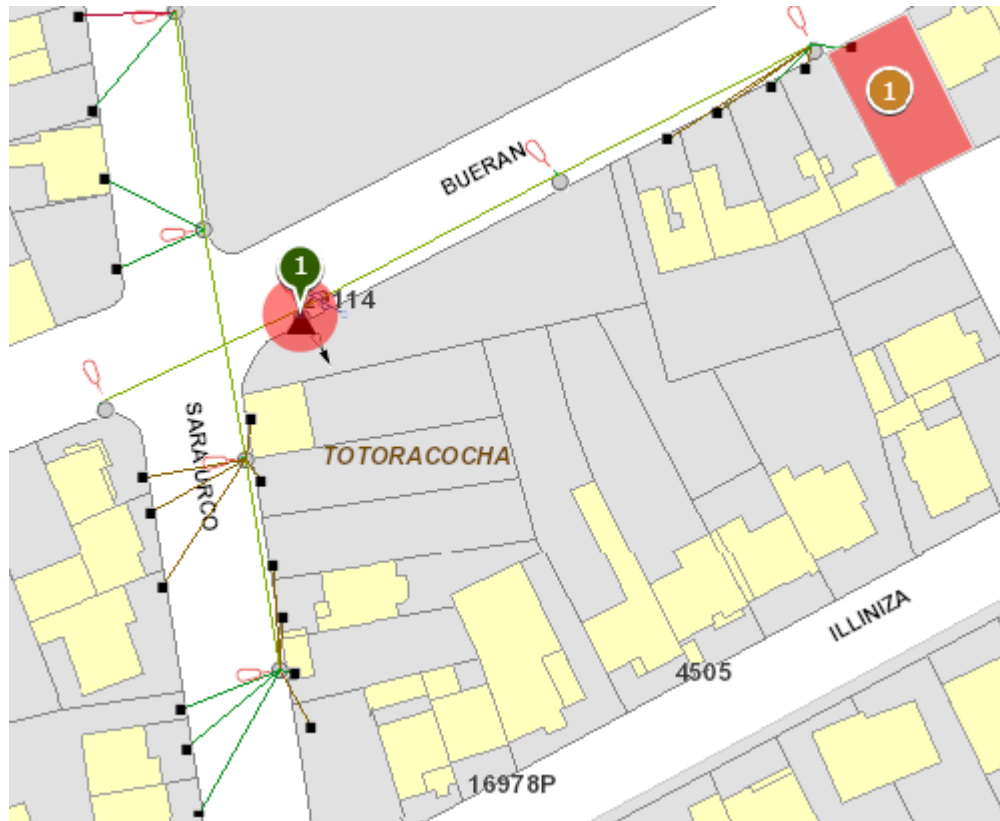


Ilustración 4.6. Ubicación del predio y transformador más cercano

Fuente: EERCSCA – GEOPORTAL

- 4.2. Determinar el nivel de carga del transformador (19,3 %), para conocer si las condiciones nos permiten la incorporación del nuevo proyecto.
- 4.3. Una vez identificadas las características del transformador, se realizará el análisis de las redes de Bajo Voltaje. Este cálculo deberá determinar las caídas de voltaje de las redes existentes y proyectadas.¹²

¹² El análisis de las redes se desarrollará considerando únicamente el nuevo proyecto con cocinas de inducción (anexo 10: “Demanda máxima de diseño (usos generales y cocinas de inducción)”, en tanto los demás usuarios residenciales existentes, conectados al transformador se les considera sin cocinas (anexo 8: “Demanda por estrato de usos generales en viviendas”).

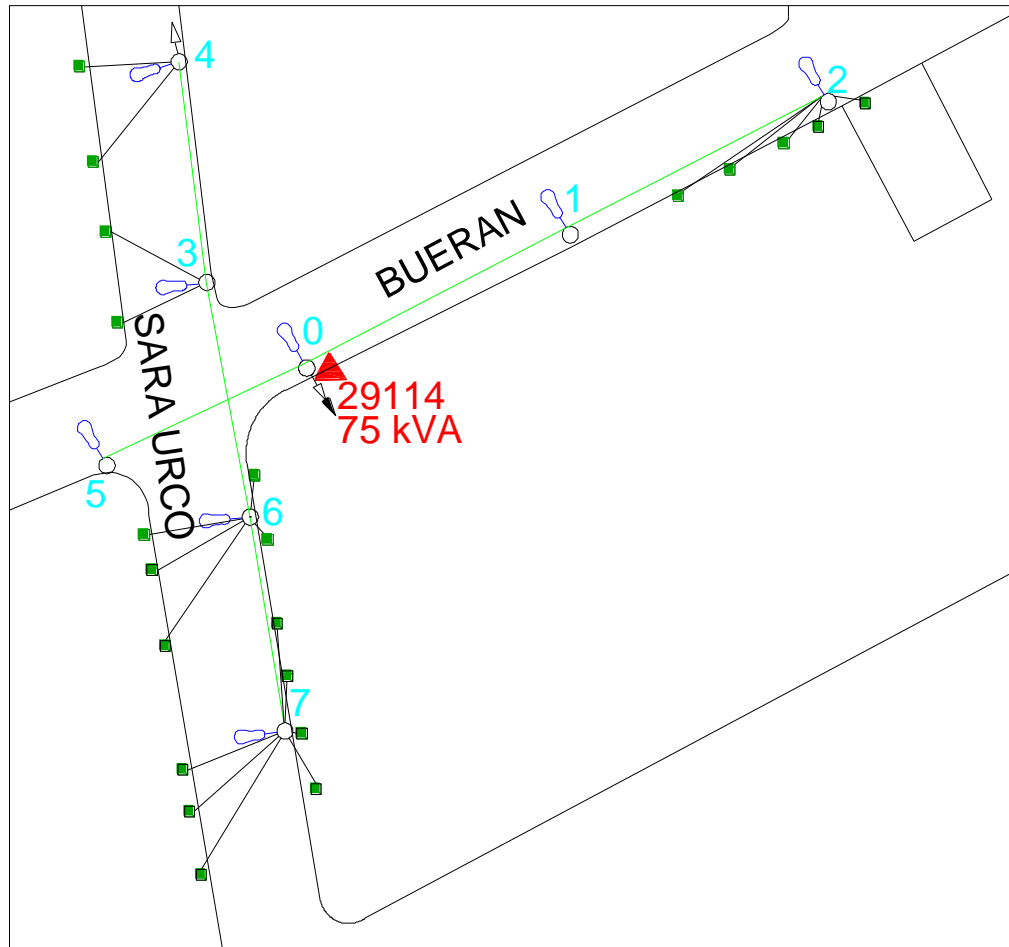


Ilustración 4.7. Modelo para análisis de las redes del transformador 29114

- 4.4. Determinar las caídas de voltaje de los ramales 0-1-2, 0-3-4, 0-6-7 (referirse a la ilustración 4.7).
5. Al completar el análisis, se determinará si las características del transformador y las redes existentes son aptas para la incorporación del nuevo proyecto, caso contrario se planteará la implementación de una estación de transformación.

4.6.- Criterios generales para el diseño de redes de distribución

Para la elaboración de los diseños se deberá tener en cuenta lo establecido en la regulación ARCONEL 001/15 [26] referente al tipo de usuario dependiendo del punto de conexión a la red de distribución pública; los cuales se clasifican de la siguiente manera:

- **Consumidores de bajo voltaje:** Cuando su carga declarada será igual o menor a 10kW.
- **Consumidores de medio voltaje:** Cuando su carga declarada supera los 10kW.

De igual forma, en la disposición general cuarta de la misma regulación, se establece que los transformadores de carácter particular deberán ser instalados en el predio del consumidor.

Por otro lado, en el artículo 65 de la LOSPEE referente a lotizaciones, urbanizaciones, condominios y edificios de propiedad horizontal las redes de distribución eléctricas deberán ser subterráneas.

Con este antecedente, se deberá tomar en cuenta las siguientes consideraciones para la elaboración de los diseños:

- a) Cuando se trate de un diseño para una urbanización, lotización, condominio o edificio de propiedad horizontal, y se requiera proyectar una red de distribución eléctrica en MV, ésta podrá ser aérea hasta el punto de ingreso al proyecto inmobiliario; en tanto que, la red de distribución interna deberá ser subterránea.
- b) Los proyectos que requieran una demanda máxima coincidente total menor a 10 kVA, serán dotadas de servicio en bajo voltaje directamente desde las redes eléctricas de la Empresa.
- c) Para demandas mayores a los 10 kVA, se deberá proyectar el montaje de una estación de transformación y eventualmente se podrá proyectar el servicio directamente desde la red de bajo voltaje siempre y cuando exista la capacidad suficiente en la red pública existente, previa el pago del valor correspondiente a los derechos de transformación.
- d) En caso de que se tenga una demanda superior a los 10 kVA, y si a criterio del revisor del proyecto, es posible atender el requerimiento desde la red de bajo voltaje existente previo a una repotenciación de la red, el costo de dicha repotenciación será financiada en su totalidad por parte del propietario del proyecto, siempre y cuando la calidad del producto (niveles de voltaje a los usuarios y cargabilidad de la estación de transformación) se vean afectadas por la inclusión del nuevo usuario.
- e) Todo transformador de propiedad particular deberá proyectarse su instalación dentro del predio del propietario.
- f) Cuando se analice la disponibilidad de la red eléctrica se deberá considerar la demanda con cocinas de inducción únicamente al nuevo proyecto (anexo J:

“*Demanda máxima de diseño (usos generales y cocinas de inducción)*”; para el análisis del resto de consumidores residenciales existentes, se deberá realizar el cálculo de la demanda sin la consideración de las cocinas de inducción (anexo H: “*Demanda por estrato de usos generales en viviendas*”).

- g) Para la troncal principal del alimentador primario se deberá considerar conductor de calibre 3/0 ACSR.
- h) El calibre mínimo del conductor a utilizarse en los sistemas de distribución aérea en Medio Voltaje - MV será el 1/0 ACSR, y en Bajo Voltaje - BV el № 2 AWG, tipo ACSR. En redes de bajo voltaje con conductor preensamblado se deberá considerar un calibre mínimo de 50mm².
- i) Los seccionadores fusibles deberán ser de clase 25 KV para todos los ramales en derivación tanto en sistemas trifásicos como en sistemas monofásicos.
- j) Los transformadores monofásicos proyectados serán del tipo autoprotegidos, y se instalarán con seccionadores tipo fusible para su mantenimiento en caso de que se instalen en la matriz principal del alimentador.
- k) Para la denominación de estructuras, se utilizarán las normalizadas y establecidas en el Manual de Estructuras Homologadas por el MEER.
- l) Para los diseños a presentarse para revisión de la EERCSCA se deberá utilizar la nomenclatura y simbología establecida por el MEER.

4.6.1.- Distancias de seguridad [21]

Se entiende como distancia de seguridad a la distancia mínima establecida entre las superficies de un objeto energizado y las personas o edificaciones, de tal forma que evite las descargas eléctricas desde el primero hacia dichas personas o edificaciones.

En la Regulación CONELEC – 002/10 se establecen las distancias de seguridad entre la red eléctrica y las edificaciones a fin de limitar el contacto y acercamiento de las personas, con el propósito de salvaguardar la integridad física de las personas.

Lo expuesto a continuación debe ser observado por los consultores, en el diseño y construcción de los sistemas eléctricos de distribución en media y baja voltaje; por los municipios, al autorizar la construcción de edificaciones u obras de infraestructura; por los constructores y dueños de vivienda, al ejecutar las obras de infraestructura y todos a quienes estén ubicados en un acceso cercano a las mismas.

4.6.2.- Distancias mínimas de seguridad

Es la distancia mínima establecida entre superficies de un objeto energizado y las personas o edificaciones, que garantice no recibir descargas eléctricas desde el primero.

4.6.3.- Distancias mínimas de seguridad de conductores a edificaciones

Las distancias mínimas de seguridad entre conductores y edificaciones están presentadas en la tabla 4.13, la cual proporciona las distancias a construcciones en los alrededores de las líneas de distribución.

Tabla 4.13. Distancias mínimas de seguridad de conductores a edificaciones y otras instalaciones

Fuente: Regulación CONELEC – 002/10

DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD Hr		Conductores 0 a 750 V.	Conductores 750 V-22 kV.	Partes Rígidas Energizadas de 0 - 750 V.	Partes Rígidas Energizadas de 750 V - 22kV.
		m	m	m	m
Edificios	Horizontal a paredes, ventanas y áreas accesibles a personas	1,7(A, B)	2,3 (A, B)	1,5 (A)	2,0 (A)
	Vertical arriba o abajo de techos y áreas no accesibles a personas	3,2	3,8	3,0	3,6
	Vertical arriba o abajo de techos y áreas accesibles a personas y vehículos, además de vehículos pesados.	3,5	4,1	3,4	4,0
	Vertical arriba de techos accesibles al tránsito de vehículos pesados.	5,0	5,6	4,9	5,5
Anuncios, chimeneas	Horizontal	1,7 (A, B)	2,3 (A, C)	1,5 (A)	2,0 (A)
	Vertical arriba o abajo de cornisas y otras superficies sobre las cuales pueden caminar personas	3,5	4,1	3,4	4,0
	Vertical arriba o abajo de otras partes de tales instalaciones	1,8 (A)	2,3	1,7	2,45

- 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 m.
- 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.
- 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.

4.6.4.- Distancia de conductores a otras estructuras de soporte

Los conductores y cables que estén 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:

Tabla 4.14. Distancias de seguridad de conductores a otras estructuras de soporte (en metros)

Fuente: Regulación CONELEC – 002/10

	Con viento		Sin viento
Distancia Horizontal	0 - 750 V	22 kV	Hasta 50 kV
	1,1	1,4	1,5
Distancia Vertical	0 – 22 kV		22- 50 kV
	1,4 (0,6 para cables aislados hasta 300 V)		1,7

4.6.5.- Distancias de seguridad conductores adheridos a edificaciones

Cuando exista el caso en que los conductores de suministro estén permanentemente fijos a un edificio u otra instalación, deberán cumplir los siguientes requisitos:

- a) Los conductores de acometida entre 0 a 750 V, deben estar cubiertos o aislados y sobre los 750 V aislados; este requisito no es aplicable a conductores neutros;
- b) Conductores de más de 300 V (fase – tierra), deberán estar protegidos, cubiertos aislados o inaccesibles;

- c) Cables y conductores adjuntos y que corren a lo largo de la instalación tendrán una distancia de seguridad desde la superficie de la instalación no menor a 0,75 m;
- d) Los conductores de acometida deben tener una distancia de seguridad no menor a:
- i) Separación vertical de 3 m desde el punto más alto de techos, balcones, sobre el cual pasa.
 - ii) Separación de 0,9 m en cualquier dirección de ventanas, puertas, pórticos, salidas de incendios.

4.6.6.- Distancias de seguridad vertical de conductores sobre el nivel del suelo, carretera, vías férreas y superficies con agua

Estas distancias se refieren a la altura mínima que deben guardar los conductores y cables de líneas aéreas respecto al suelo, agua y parte superior de rieles de vías férreas, dichas distancias están indicadas en la Tabla 4.15.

Tabla 4.15. Distancias mínimas de seguridad verticales de conductores sobre el nivel del suelo, carreteras, vías férreas y superficies con agua (en metros)

Fuente: Regulación CONELEC – 002/10

Naturaleza de la Superficie bajo los conductores	Conductores de 0 - 750 V	Conductores de 750 V a 22 kV
Vías férreas	7,5	8,1
Carreteras, calles, caminos y otras áreas usadas para tránsito	5,0	5,6
Aceras o caminos accesibles sólo a peatones	3,8	4,4
Aguas donde no está permitida la navegación	4,6	5,2
Aguas navegables incluyendo lagos, ríos, estanques, arroyos y canales con un área de superficie sin obstrucción de:		
a) Hasta 8 Km ²	5,6	6,2
b) Mayor a 8 hasta 80 Km ²	8,1	8,7
c) Mayor de 80 hasta 800 Km ²	9,9	10,5
d) Arriba de 800 Km ²	11,7	12,3

4.7.- Alumbrado público [25]

Está comprobado que el color del medio ambiente produce en el observador reacciones psíquicas o emocionales. No se pueden observar reglas fijas para la elección del color apropiado con el fin de conseguir un efecto determinado, pues cada caso requiere ser tratado de una forma particular. Por tanto, un buen diseño luminotécnico es fundamental para cumplir con los factores deseados en la iluminación de cada área. Para determinar si una instalación es adecuada y cumple con todos los requisitos de seguridad y visibilidad necesarios se establecen una serie de parámetros que sirven como criterios de calidad, como son:

- **Luminancia media, Lm:** Debe ser mantenida a lo largo de la vida de la instalación y depende de la distribución de luz de la luminaria, el flujo luminoso de la bombilla y de las propiedades de reflexión de la calzada.
- **Coefficiente de uniformidad global, Uo:** Es la relación entre la luminancia mínima y la luminancia promedio de la vía. Analiza el rendimiento visual de la iluminación de la vía. Este criterio es importante puesto que controla la visibilidad mínima de la vía, pero puede afectar el confort.
- **Coefficiente de uniformidad longitudinal, Ul:** Es la relación entre la luminancia mínima y la luminancia máxima, medida sobre uno o varios ejes paralelos al eje principal de la vía. Analiza la comodidad visual de la iluminación en la vía.
- **Coefficiente de iluminación en los alrededores, SR:** es una medida de la iluminación en las zonas limítrofes de la vía. De esta manera se asegura que los objetos, vehículos o peatones que se encuentren allí sean visibles para los conductores.

Las Distribuidoras, como responsables de la prestación del servicio de alumbrado, están obligadas a:

- Elaborar y coordinar con los municipios, el plan de expansión del Sistema de Alumbrado Público General - SAPG para cubrir su demanda, de acuerdo a lo establecido en la presente Regulación.
- Expandir el sistema de alumbrado público general a fin de cubrir la demanda del servicio de conformidad con los planes de expansión.
- Operar, mantener y reponer el sistema de alumbrado público general.
- Cumplir con los índices de calidad y continuidad para la prestación del SAPG, de conformidad a lo señalado en la presente Regulación.
- Reportar los índices de calidad y continuidad del SAPG de acuerdo a los formatos y plazos que el CONELEC establezca para el efecto.
- Mantener actualizados sus inventarios de activos del SAPG, en un sistema informático que permita su seguimiento y verificación por parte de las autoridades de control.
- Ejecutar las acciones de expansión y mejoras del SAPG y reportar dichas acciones de acuerdo a lo que establezca el CONELEC.

- Instalar equipos que cumplan con criterios de eficiencia energética y las normas de preservación del medio ambiente.
- Alumbrado ornamental
- Alumbrado intervenido

4.7.1.- Clase de Iluminación según las vías (vías motorizadas)

La clase de iluminación (M) se calcula de la siguiente manera:

$$M = (6 - \sum Vps)$$

Donde:

M = Es la clase de iluminación, va de M1 a M6.

$\sum Vps$ = Es el sumatorio de los valores de ponderación seleccionados en función de la Tabla 4.16.

4.7.1.1.- Parámetros fotométricos

Los parámetros fotométricos para seis clases de iluminación (M1 al M6), se definen en la Tabla 4.17.

4.7.1.2.- Variaciones temporales de la clase de iluminación de acuerdo con la densidad de tráfico

Cuando se precise una variación en la clase de iluminación, durante las horas de menor tráfico, como una medida de ahorro de energía, los cambios en los requisitos de iluminación deben ser apropiados para la nueva densidad de tráfico, y se debe cumplir con todos los requisitos de uniformidades y criterios de deslumbramiento.

Tabla 4.16. Parámetros para selección de la clase de iluminación (M)

Fuente: CONELEC – 005/14

Parámetro	Opciones	Valor de Ponderación (Vp)	Vp seleccionado
Velocidad	Elevada	1	
	Alta	0,5	
	Moderada	0	
Volumen del Tráfico	Elevado	1	
	Alto	0,5	
	Moderado	0	
	Bajo	-0,5	
	Muy Bajo	-1	
Composición	Mezcla con un alto porcentaje de tráfico no motorizado	2	
	Mezclado	1	
	Solamente motorizado	0	
Separación de vías	No	1	
	Si	0	
Densidad de la intersección	Alta	1	
	Moderada	0	
Vehículo Parqueados	Se permite	0,5	
	No se permite	0	
Iluminación Ambiental	Alta	1	
	Moderada	0	
	Baja	-1	
Guías Visuales	Pobre	0,5	
	Moderado o bueno	0	
			Σ Vps

Tabla 4.17. Parámetros fotométricos para tráfico motorizado

Fuente: CONELEC – 005/14

Clase de iluminación	Tipo de Superficie				Incremento del umbral	Relación de alrededor
	Seco		Mojado			
	$lav = \frac{cd}{m^2}$	U_0	U_f	U_l	TI	SR
M1	2	0,4	0,7	0,15	10	0,5
M2	1,5	0,4	0,7	0,15	10	0,5
M3	1	0,4	0,6	0,15	15	0,5
M4	0,75	0,4	0,6	0,15	15	0,5
M5	0,5	0,35	0,4	0,15	15	0,5
M6	0,3	0,35	0,4	0,15	20	0,5

4.7.2.- Clase de iluminación según tipo de vías (vías peatonales)

La clase de iluminación (P) se calcula de la siguiente manera:

$$P = (6 - \sum Vps)$$

Donde:

P = Es la clase de iluminación, va de P1 a P6.

$\sum Vps$ = Es el sumatorio de los valores de ponderación seleccionados en función de la Tabla 4.18.

4.7.2.1.- Parámetros fotométricos

Para vías peatonales se utilizarán valores de iluminancia horizontal, al nivel del piso. Los parámetros fotométricos para las seis clases de iluminación (P1 al P6), se presentan en la Tabla 4.19.

Tabla 4.18. Parámetros para selección de la clase de iluminación (P)

Fuente: CONELEC – 005/14

Parámetro	Opciones	Valor de Ponderación (Vp)	Vp seleccionado
Velocidad	Baja	1	
	Muy Baja	0	
Volumen del Tráfico	Elevado	1	
	Alto	0,5	
	Moderado	0	
	Bajo	-0,5	
	Muy Bajo	-1	
Composición de Tráfico	Peatones, ciclistas y tráfico motorizado	2	
	Peatones y tráfico motorizado	1	
	Peatones y ciclistas solamente	1	
	Peatones solamente	0	
	Ciclistas solamente	0	
Vehículo Parqueados	Se permite	0,5	
	No se permite	0	
Iluminación Ambiental	Alta	1	
	Moderada	0	
	Baja	-1	
			Σ Vps

Tabla 4.19. Parámetros fotométricos para áreas peatonales y de tráfico de baja velocidad

Fuente: CONELEC – 005/14

Clases de Iluminación	TIPO DE APLICACIÓN	
	Iluminancia Horizontal (lx)	
	Referida a nivel de la superficie de uso	
	Promedio	Mínimo
P1	15	3
P2	10	2
P3	7,5	1,5
P4	5	1
P5	3	0,6
P6	2	0,4

4.7.3.- Circuitos de alumbrado Público

Dentro del diseño del alumbrado público es necesario cumplir con unas condiciones mínimas de calidad en el servicio; mediante métodos de ingeniería se realiza el cálculo del diseño teniendo en cuenta las siguientes variables:

- Inclinación de la luminaria.
- Altura del punto de luz.
- Altura de montaje.
- Ancho de la calzada.
- Interdistancia de luminarias.
- Posición de avance o retraqueo e inclinación de la luminaria.
- Tipo de lámpara.
- Características fotométricas del pavimento.
- Características fotométricas de las luminarias (matriz espacial de intensidades luminosas, tipo de luminaria utilizada).
- Cuadrícula de cálculo de Luminancias e Iluminancias.

Los resultados obtenidos mediante los métodos de ingeniería establecen las siguientes características de diseño:

- La Luminancia de cada uno de los puntos de la cuadrícula en servicio.
- La Luminancia media en servicio.
- El coeficiente de uniformidad global.
- El coeficiente de uniformidad longitudinal.
- Limitación del deslumbramiento causado por la instalación.
- Coeficiente de iluminación en los alrededores.



El proyecto debe además soportar las condiciones ambientales propias de la región, considerando los siguientes criterios:

- Instalación a la intemperie.
- Exposición a la lluvia, vibración, contaminación atmosférica, polvo e insectos.
- Temperatura ambiente entre -3°C y 40°C .
- Humedad relativa del 95%.
- Utilización del viento hasta 100km/h.
- Altura sobre el nivel del mar entre 0 y 3000m

CAPÍTULO V

5. CONSIDERACIONES APLICADAS A REDES SUBTERRÁNEAS [5]

5.1.- Objetivo del capítulo

Presentar aspectos normativos basados en las homologaciones¹³ brindadas por el MEER, que faciliten de manera eficaz el diseño e instalación de redes de distribución subterráneas garantizando confiabilidad, seguridad y estéticamente neutro entre dichos sistemas y el entorno en el que se instalarán.

5.2.- Alcance

Se dispondrá como fuente de normas, especificaciones y recomendaciones, todas aquellas establecidas por el MEER para redes subterráneas, referidas a las unidades de propiedad de dicho organismo; garantizando de manera óptima la correcta distribución energética de forma subterránea, desde los alimentadores hasta las acometidas residenciales, además considerando la seguridad para los dispositivos empleados, las personas que maniobran dichas redes y para los usuarios en general.

5.3.- Requerimientos para la implementación de una red subterránea [3]

Para la implementación de redes eléctricas subterráneas se deberá considerar los siguientes aspectos implementados por la EERCSCA:

- El calibre mínimo del conductor a utilizarse en los ramales de los sistemas de distribución en MV, será el № 2 AWG de cobre tipo XLPE (polietileno reticulado termoestable), con un nivel de aislamiento del 133%, para una temperatura de operación de 90°C, dimensionada para un voltaje según corresponda al nivel de operación y la carga que va alimentar.
- La matriz de los alimentadores primarios serán trifásicos con conductor 250 y 350 MCM¹⁴, de cobre, tipo XLPE con un nivel de aislamiento del 133%, para una temperatura de operación de 90°C, dimensionada para un voltaje según corresponda al nivel de operación.

¹³ Unidades de Propiedad. “Manual de construcción redes subterráneas” En: www.unidadesdepropiedad.com

¹⁴ CENTROSUR, “Lineamientos para la Expansión del Sistema Eléctrico de CENTROSUR” CENTROSUR, 2016.

- El calibre de conductor neutro de los ramales de los sistemas de distribución en MV será con Cu desnudo con calibre mínimo № 2.
- Para los alimentadores primarios el conductor neutro será un calibre menor al de la fase
- El calibre de conductor a utilizarse en los sistemas de distribución de BV será de cobre, con un calibre mínimo № 2 AWG y con aislamiento TTU.
- Los conductores en BV subterráneos serán TTU de cobre con una capacidad de sobrecarga del 50 % para una proyección a 25 años.
- Para el sistema de alumbrado público se deberá considerar una red independiente para la instalación de luminarias. En el cálculo de la caída de voltaje se considerará la potencia de la luminaria con un factor de potencia de 0,92. El calibre mínimo a utilizar será № 6 AWG de cobre con aislamiento TTU.
- En el punto de transición de la red aérea a subterránea, se deberá considerar la instalación de descargadores de sobrevoltaje y seccionadores, dimensionados según el voltaje de operación de la red, montados en una cruceta independiente a la de la red, y una cruceta auxiliar para la sujeción de la(s) punta(s) terminales, según se indica en las ilustraciones 5.10 y 5.11.
- Para la denominación de unidades constructivas, se emplearán el manual de homologación de redes soterradas, aprobado por el MEER.
- Para los diseños a presentarse en la EERCSCA se empleará la nomenclatura establecida por el MEER.

5.3.1.- Diseño de una red subterránea

Para el diseño de una red eléctrica subterránea se considerarán ciertos aspectos, con la finalidad de formar un criterio que abarque todos los aspectos de estas redes, entre otros como:

- Las redes de distribución eléctricas para atender el servicio eléctrico en lotizaciones, urbanizaciones, condominios y edificios de propiedad horizontal, deberán ser subterráneas.
- El poste para la bajante desde la red aérea (transición aérea - subterránea) deberá ser de 12 metros de longitud.
- La transición deberá de poseer su respectiva etiqueta de señalización, especificando el proyecto al que suministra energía.
- El tipo de transformador a ser empleado, dependerá de las características de emplazamiento de la unidad, disponibilidad de espacio y ubicación.
- Para redes de distribución eléctrica subterráneas en MV y BV, la cantidad de ductos se definirá de acuerdo a las características de las vías y aceras, con un mínimo de 4 vías.
- La profundidad mínima de los ductos para redes de distribución eléctrica subterráneas en MV y BV, en caminos encementados será de 0,6 m y en

camino de tierra se plantea a una profundidad de 0,8 m, protegiendo su integridad por medio de una bóveda de concreto.

- Para redes de distribución eléctrica subterráneas en MV y BV, se deberá realizar la señalización de seguridad pertinente en los ductos, que detalle de manera clara el recorrido entre pozos. En los estudios de redes de distribución eléctrica subterráneas se deberá incluir el diseño de los tableros de distribución a utilizarse para la red secundaria.

5.3.2.- Topología de la red

La topología utilizada en redes subterráneas son la red radial y la enmallada; su elección dependerá de las características del proyecto en el momento de su implementación.

5.3.3.- Condiciones para emplazar transformadores

La implementación de un transformador en redes subterráneas debe brindar seguridad y una correcta accesibilidad para realizar cualquier maniobra, por lo que es indispensable su óptima ubicación dentro del proyecto de emplazamiento.

El tipo de transformador a instalar en redes subterráneas se selecciona acorde a las necesidades y los espacios disponibles, en cualquier caso, se deberán proporcionar un fácil acceso para su revisión y mantenimiento. La mayoría de los proyectos implementados en redes subterráneas utilizan transformadores tipo pedestal (Padmounted), debido a sus características constructivas, cualidades estéticas y capacidad; sin embargo, existen otros tipos de transformadores aplicables en estas instalaciones.

Los proyectos eléctricos en lotizaciones o condominios que cuenten con espacios verdes servirán para el emplazamiento del transformador de la red proyectada; en caso contrario, el ingeniero encargado del proyecto deberá de analizar la ubicación más viable para montar el transformador teniendo en cuenta las distancias de seguridad planteadas en la ilustración 5.25.

Nota: El mantenimiento del transformador estará a cargo de su propietario, sea este la Empresa o un particular, en el segundo caso el propietario contratará un ingeniero en libre ejercicio para contar con el mantenimiento correspondiente.

5.4.- Criterio para la obtención del FDV en redes subterráneas [20]

Para la obtención de los FDVs para redes subterráneas, se aplicará la ecuación 5.1.

$$FDV = \frac{1000 * (10 * (kV_{f-n})^2 * P)}{\sigma} \quad 5.1$$

$$\sigma = R * \cos\theta + X * \sen\theta$$

Dónde:

R = Resistencia [Ω /km]

X = Reactancia inductiva [Ω /km]

$\cos\theta$ = Factor de potencia igual a 0,9

kV_{f-n} = Voltaje fase neutro [kV]

$P = 1/2$ si 1F2C Monofásico - Bifilar

$P = 2$ si 1F3C Monofásico o Bifásico - Trifilar

$P = 3$ si 3F4C Trifásico – Tetrafilar

Los conductores utilizados en las redes subterráneas son XLPE en medio voltaje y TTU de cobre en bajo voltaje. Las características de los cables se encuentran especificadas en las unidades de propiedad¹⁵ y en los catálogos de fabricantes de cables¹⁶, como se presentan a continuación.

Tabla 5.1. Especificaciones cable unipolar Cobre 8 kV tipo XLPE

Fuente: Unidades de propiedad

Calibre AWG	# hilos	Sección transversal [mm ²]	Diámetro exterior nominal [mm]	Espesor aislamiento [mm]	Diámetro aislamiento [mm]	Espesor chaqueta [mm]	Diámetro total [mm]	Peso conductor Aprox [kg/km]
2	7	33,54	7,41	3,56	15,49	1,52	18,53	452,64
1/0	19	53,52	9,45	3,56	17,51	2,03	25,15	1.127,47
2/0	19	67,35	10,65	3,56	18,71	2,03	26,55	1.331,11
250	37	126,37	14,63	3,56	22,69	2,03	31,17	2.154,56
300	37	151,85	16,03	3,56	24,09	2,03	32,81	2.505,30
500	37	252,89	20,65	3,56	28,71	2,03	38,21	3.864,36

¹⁵ Unidades de Propiedad. “Especificaciones Técnicas de Materiales” En: www.unidadesdepropiedad.com

¹⁶ Catálogo de Productos “Electrocables”, pág. 83 y 87

Tabla 5.2. Especificaciones cable cobre 15 kV tipo XLPE (133%)

Fuente: Electrocable

Calibre AWG	# hilos	Sección transversal [mm ²]	Diámetro conductor [mm]	Espesor aislamiento [mm]	Diámetro aislamiento [mm]	Espesor chaqueta [mm]	Diámetro ext. Aprox. [mm]	Peso conductor Aprox. [kg/km]
2	7	33,62	6,81	5,59	18,59	1,14	26,06	832
1/0	19	53,49	8,55	5,59	20,33	1,14	27,8	1.112
2/0	19	67,44	9,57	5,59	21,35	1,14	28,82	1.301
250	37	126,7	16,79	5,59	28,79	1,14	37,67	2.253
350	37	177	17,93	5,59	29,93	1,14	38,81	2.884
500	37	253	20,04	5,59	32,04	1,78	43,36	4.032

Tabla 5.3. Especificaciones cable cobre 25 kV tipo XLPE (133%)

Fuente: Electrocable

Calibre AWG	# hilos	Sección transversal [mm ²]	Diámetro conductor [mm]	Espesor aislamiento [mm]	Diámetro aislamiento [mm]	Espesor chaqueta [mm]	Diámetro ext. Aprox. [mm]	Peso conductor Aprox. [kg/km]
1/0	19	53,49	8,55	8,13	25,41	1,14	32,88	1.325
2/0	19	67,44	9,57	8,13	26,43	1,14	34,47	1.554
250	37	126,7	14,17	8,13	33,87	1,78	44,13	2.666
350	37	177	16,79	8,13	35,01	1,78	45,27	3.310
500	37	253	20,04	8,13	37,12	1,78	48,46	4.354

Para el cálculo de los FDVs, se sigue la metodología expuesta en la ecuación 5.1. La disposición de los conductores en la red primaria del centro histórico de Cuenca a 6.3 kV (conductores directamente enterrados), se muestra en la ilustración 5.1.

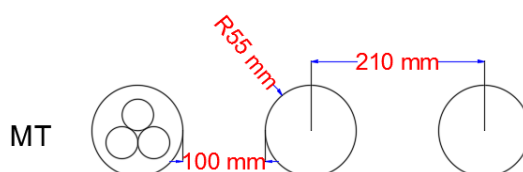


Ilustración 5.1. Configuración del conductor de medio voltaje existente a 6.3 kV

Fuente: EERCSCA

Para esta configuración, los resultados de los FDVs se presentan en la Tabla 5.4.

Tabla 5.4. FDVs para la red del centro histórico de Cuenca a 6.3 kV [kVA x km]

Fuente: EERCSCA

Calibre AWG	Sección transversal [mm ²]	R DC 20 °C [Ω/km]	R AC 90°C [Ω/km]	XL [Ω/km]	1F2C	2F3C	3F4C
2	33,54	0,539	0,6832	0,1497	97	389	584
1/0	53,52	0,341	0,4325	0,1321	148	592	888
2/0	67,35	0,271	0,3439	0,1234	182	728	1.093
250	126,37	0,145	0,1849	0,0997	315	1.261	1.891

Los nuevos diseños de las redes subterráneas, de acuerdo a las unidades de propiedad del MEER, deberán considerar la disposición de los conductores en medio y bajo voltaje, en una estructura subterránea 0B3X3B1, tal como se muestra en la ilustración 5.2.

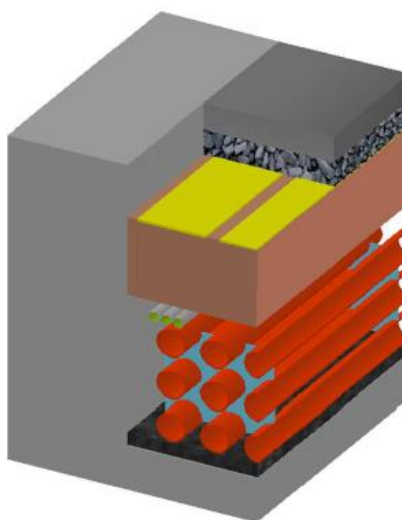


Ilustración 5.2. Configuración de la red de medio y bajo voltaje en ductos de 110 mm

Fuente: Unidades de Propiedad

En base a la configuración de la red de medio voltaje se determinará la distancia media geométrica y por ende los factores de caída de voltaje a 6.3 kV, 15 kV y 25 kV.

Tabla 5.5. Factores de caída de voltaje en MV a 6.3 kV [kVA x km]

Fuente: EERCSCA

Calibre AWG	Sección transversal [mm ²]	R DC 20 °C [Ω/km]	R AC 90°C [Ω/km]	XL [Ω/km]	1F2C	2F3C	3F4C
2	33,54	0,539	0,6832	0,3296	87	349	523
1/0	53,52	0,341	0,4325	0,3120	126	504	756
2/0	67,35	0,271	0,3439	0,3034	150	599	899
250	126,37	0,145	0,1849	0,2796	229	918	1.377
300	151,85	0,121	0,1539	0,2727	257	1.028	1.542
500	252,89	0,073	0,0937	0,2535	340	1.358	2.037

Tabla 5.6. Factores de caída de voltaje en MV a 15 kV [kVA x km]

Fuente: EERCSCA

Calibre AWG	Sección transversal [mm ²]	R DC 20 °C [Ω/km]	R AC 90°C [Ω/km]	XL [Ω/km]	1F2C	2F3C	3F4C
2	33,62	0,538	0,6816	0,3434	416	1.664	2.496
1/0	53,49	0,341	0,4327	0,3094	605	2.421	3.632
2/0	67,44	0,271	0,3434	0,3009	721	2.884	4.326
250	126,70	0,145	0,1841	0,2585	1.140	4.561	6.842
300	177,00	0,104	0,1320	0,2535	1.384	5.536	8.305
500	253,00	0,072	0,0932	0,2451	1.664	6.655	9.983

Tabla 5.7. Factores de caída de voltaje en MV a 25 kV [kVA x km]

Fuente: EERCSCA

Calibre AWG	Sección transversal [mm ²]	R DC 20 °C [Ω/km]	R AC 90°C [Ω/km]	XL [Ω/km]	1F2C	2F3C	3F4C
2	33,62	0,538	0,6816	0,3879	1.264	5.056	7.584
1/0	53,49	0,338	0,4285	0,3299	1.524	6.094	9.141
2/0	67,44	0,271	0,3434	0,3009	1.832	7.329	10.994
250	126,70	0,144	0,1832	0,2713	2.849	11.397	17.095
300	177,00	0,104	0,1320	0,2585	3.485	13.939	20.909
500	253,00	0,072	0,0932	0,2451	4.229	16.915	25.372

En las redes en bajo voltaje se considera el cable TTU cuyas características se presentan en la tabla 5.8.

Tabla 5.8. Especificaciones cable cobre 2 kV TTU

Fuente: Unidades de propiedad

Calibre AWG	# hilos	Sección transversal [mm ²]	Espesor aislamiento [mm]	Espesor chaqueta [mm]	Diámetro exterior nominal conductor [mm]	Capacidad l al aire 30 °C [A]	Capacidad l ductos 30 °C [A]
6	7	13,3	1,4	0,76	8,88		65
4	7	21,15	1,4	0,76	10,07		85
2	7	33,62	1,4	0,76	11,57		115
1/0	19	63,49	1,661	1,14	16,03	230	160
2/0	19	67,43	1,661	1,14	16,20	266	176
3/0	19	86,01	1,661	1,14	17,62	310	200
4/0	19	107,20	1,661	1,14	18,99	360	230

El procedimiento para el cálculo de la resistencia es similar al realizado para el cálculo en la red de medio voltaje, con la diferencia de que la configuración en bajo voltaje considera un solo ducto para las tres fases, tal como se muestra en la ilustración 5.3.

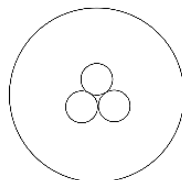


Ilustración 5.3. Configuración de la red de bajo voltaje de un ducto de 110 mm

Fuente: EERCSCA

Los factores de caída de voltaje para 240 V y 220 V se presentan en la tabla 5.9.

Tabla 5.9. Factores de caída de voltaje en BV [kVA x m]

Fuente: EERCSCA

Calibre AWG	Sección Transversal [mm ²]	R DC 20 °C [Ω/km]	R AC 90°C [Ω/km]	XL [Ω/km]	220 V			208 V			240 V	
					1F2C	2F3C	3F4C	1F2C	2F3C	3F4C	1F2C	2F3C
6	13,30	1,37	1,739	0,1590	49	197	296	44	176	265	44	176
4	21,15	0,86	1,093	0,1480	77	308	461	69	275	412	69	275
2	33,62	0,54	0,688	0,1380	119	475	712	106	424	637	106	424
1/0	63,49	0,28	0,364	0,1373	208	832	1.248	186	742	1.115	186	742
2/0	67,43	0,27	0,343	0,1356	219	876	1.314	196	782	1.175	196	782
3/0	86,01	0,21	0,269	0,1312	269	1.077	1.616	240	961	1.444	240	961
4/0	107,20	0,17	0,216	0,1272	323	1.290	1.935	288	1.152	1.730	288	1.152

5.5.- Caídas de voltaje admisibles en redes de distribución subterránea

Según los estándares de diseño manejados en la EERCSCA, los valores máximos permitidos para las caídas de voltajes en redes subterráneas son:

- Medio Voltaje: 3%
- Bajo Voltaje: 3%

Es decir, la caída de voltaje admisible en el nodo eléctricamente más alejado de la unidad de transformación (con la demanda de diseño considerada), no deberá exceder los valores indicados respecto a las redes de distribución eléctrica en Medio Voltaje – MV y Bajo Voltaje – BV.

Para presentar un diseño que analice las caídas de voltajes en las redes eléctricas, se deberán seguir los formatos presentados por la EERCSCA en el anexo K: “Cálculos de caída de voltaje de redes existentes y proyectadas”.

5.6.- Pozos de revisión [5]

Las aplicaciones de los pozos de revisión se basan en las normas propuestas por el MEER, la cual plantea la construcción de los pozos; por lo general se realizan dichos pozos en las áreas públicas (calles y veredas), donde generalmente existen otras instalaciones tales como: agua potable, alcantarillado, teléfonos, entre otras. Cabe mencionar que durante el diseño y la construcción se deberá consultar y coordinar con



las entidades responsables de estos servicios para contar con los planos e información correspondientes de las instalaciones existentes.

La distancia entre la parte inferior de los ductos más profundos y la base del pozo debe ser mínimo de 10 cm. El banco de ductos debe estar centrado con respecto a las paredes laterales del pozo.

El banco de ductos no podrá rebasar el nivel de pared terminada del pozo, quedarán unos 5 cm antes de salir a la superficie de la pared interior del pozo, con la finalidad de dar una curvatura con un radio de 3 cm (chaflán) para que ingresen los cables al ducto sin dañar la chaqueta.

5.6.1.- Consideraciones

- Se utilizarán pozos cuando la red requiera cambios de dirección, transición aérea a subterránea, así como a lo largo de la ruta en los tramos rectos del circuito.
- La distancia entre pozos dependerá del diseño, no podrá ser mayor a 60 metros; en redes de bajo voltaje existe la posibilidad de separar pozos a menores distancias, esta dependerá de las divisiones de los lotes.
- Los pozos deben mantener un espacio de trabajo limpio y suficiente para desempeñar las labores de mantenimiento, los cables y accesorios deben ir sujetos a la pared.
- Los pozos serán construidos con paredes de hormigón armado de 210 kg/cm² (en calzada) o de mampostería de ladrillo o bloque de hormigón pesado en acera. El espesor de la pared será como mínimo de 12 cm.
- Las paredes interiores de los pozos construidos de mampostería de ladrillo o bloque serán enlucidas con mortero 1:3 y alisadas con cemento.
- El piso del pozo estará constituido por una capa de material filtrante de 10 cm mínimo (grava) que ocupará toda su área.

5.6.2.- Tipos de pozos

Los tipos de pozos están especificadas en las unidades de propiedad¹⁷ homologadas por el MEER, según la normativa vigente en el país.

¹⁷ Unidades de Propiedad. “Manual de construcción redes subterráneas” En: www.unidadesdepropiedad.com

5.6.3.- Dimensiones

Dependiendo del tipo, los pozos se construirán según las dimensiones interiores establecidas en esta homologación (tabla 5.10).

Tabla 5.10. Tipos de pozos

Fuente: Unidades de Propiedad

TIPOS	Largo	Ancho	Profundidad	Aplicación
	(m)	(m)	(m)	
Tipo A	0,6	0,6	0,75	AP – ACOMETIDA
Tipo B	0,9	0,9	0,9	MV – BV – AP
Tipo C	1,2	1,2	1,20	MV – BV – AP
Tipo D	1,6	1,2	1,5	MV – BV – AP
Tipo E	2,5	2	2	MV – BV – AP

Las profundidades indicadas en la tabla son mínimas y podrá aumentar dependiendo de cantidad de ductos a instalarse.

Los pozos tipo A serán utilizados para derivaciones en bajo voltaje.

Los pozos tipo B serán utilizados para derivaciones en medio voltaje.

Los pozos tipo C serán utilizados para derivaciones en medio voltaje.

Los pozos tipo C y D se construirán con 2 tapas que cubran el área del mismo.

En el pozo tipo E se podrán colocar módulos premoldeado para derivación y seccionamiento. Este tipo de pozo irá con una tapa de hierro esferoidal.

Los pozos tipo D y E se construirán normalmente en las esquinas.

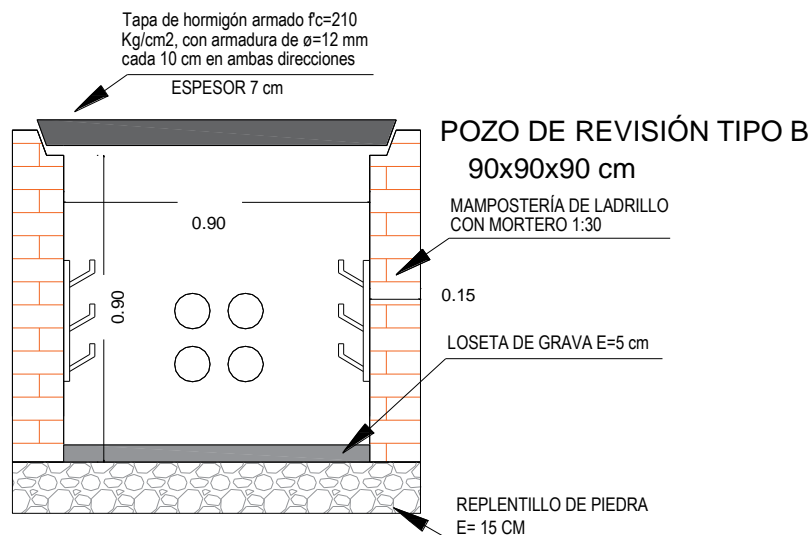
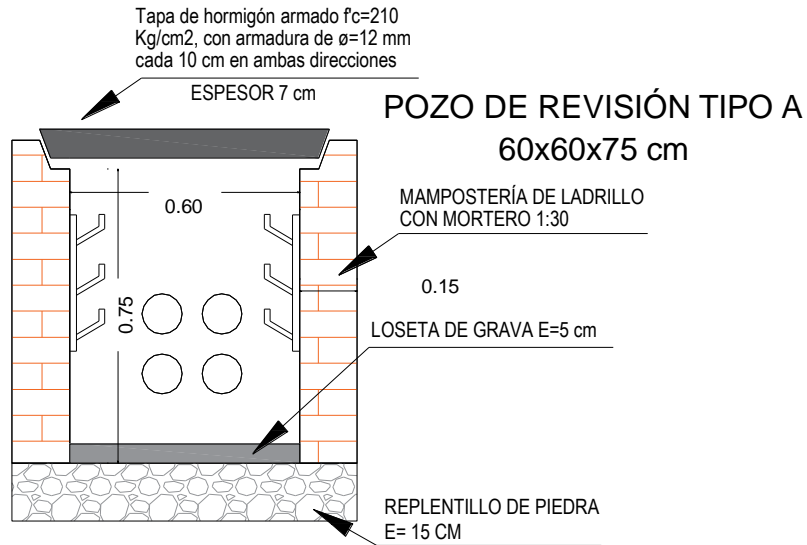


Ilustración 5.4. Pozos vista lateral

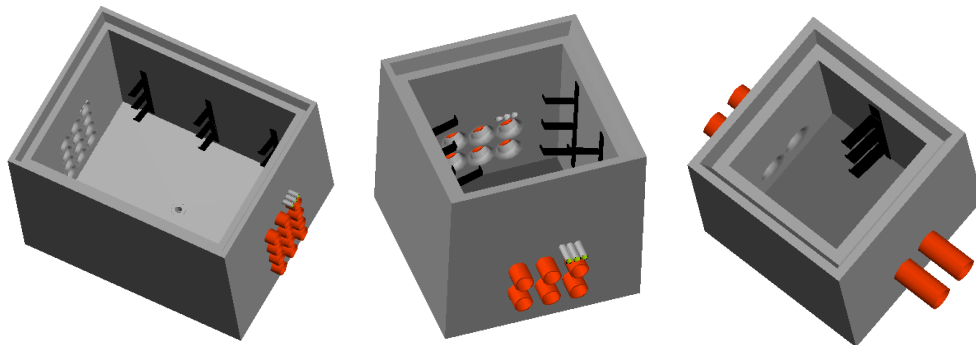


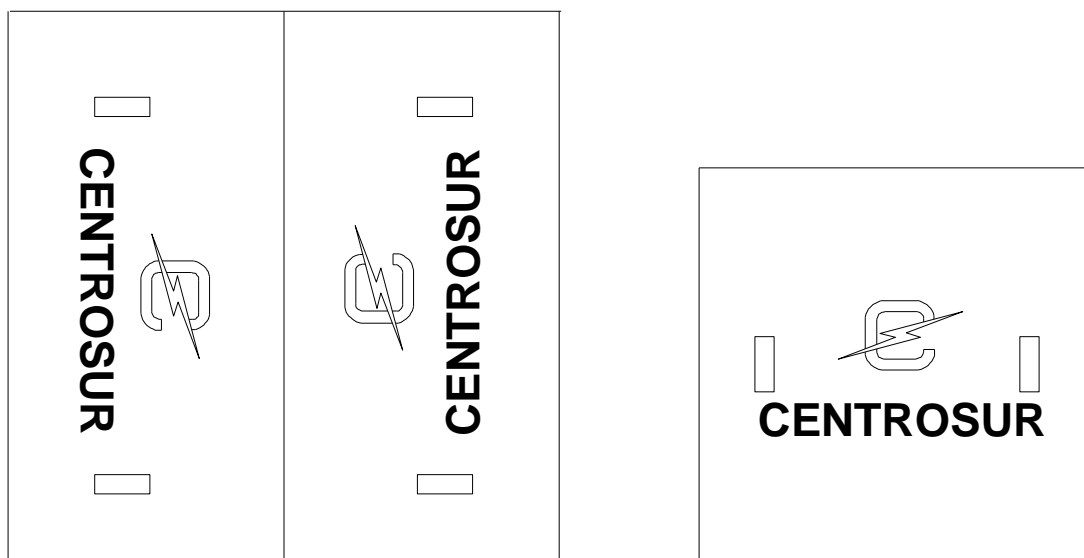
Ilustración 5.5. Pozos vista superior

Fuente: Unidades de propiedad

5.6.4.- Tapas de hormigón

Las tapas de hormigón serán fabricadas con el logotipo o las siglas de CENTROSUR en la parte central, además contará con un marco y brocal metálico construido de pletina de acero de espesor promedio de 4,55mm de base por 75mm de alto con abertura de 110 grados para el marco de la tapa.

Las tapas de los pozos podrán ser de hormigón armado, con una resistencia de $f'c=210$ kg/cm², de 70 mm de espesor para las veredas y 150 mm para calzadas, con armadura $\varnothing=12$ mm cada 100 mm, en ambas direcciones.



TAPAS DE HORMIGÓN

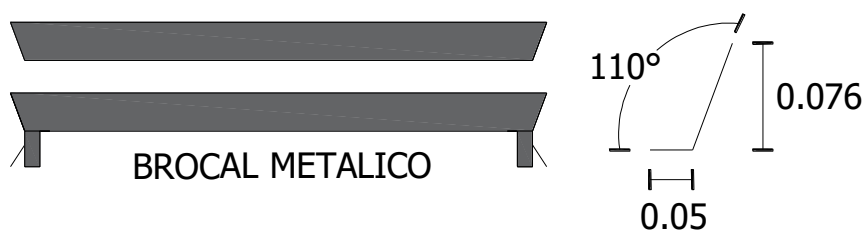


Ilustración 5.6. Pozos vista superior y lateral

Fuente: Unidades de propiedad

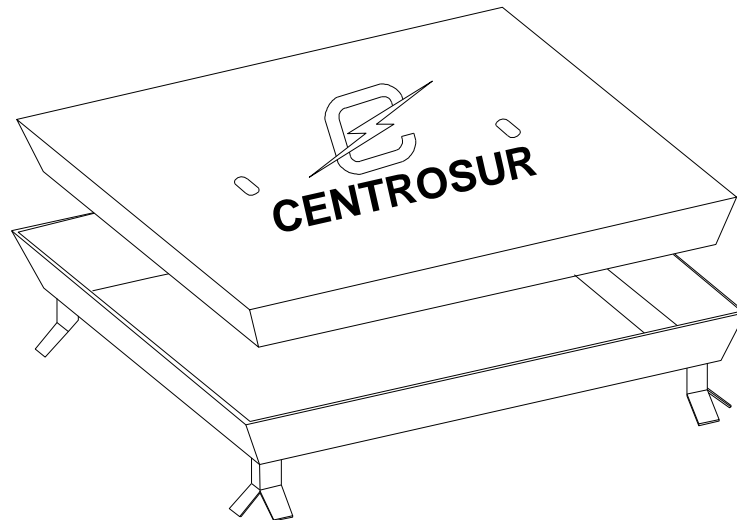


Ilustración 5.7. Tapas de pozos

Fuente: Unidades de propiedad

5.6.5.- Soportes

Los cables dentro de los pozos deben ser accesibles y soportados de forma que no sufran daño debido a su propia masa, curvaturas o movimientos durante su operación; para ello los pozos dispondrán de soportes de acero galvanizado o fibra de vidrio para sujetar y ordenar los conductores que se encuentren dentro de este.

Los soportes de los cables deben estar diseñados para resistir la masa de los propios cables y de cargas dinámicas; mantenerlos separados a distancias para facilitar su manipulación y ser adecuados para el medio ambiente.

Los cables deben estar adecuadamente protegidos, soportados cuando menos 10 cm arriba del piso.

La ubicación de los soportes debe permitir el movimiento del cable sin que exista concentración de esfuerzos destructivos.

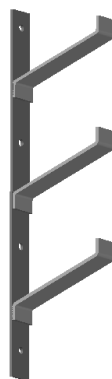


Ilustración 5.8. Soportes pozos

Fuente: Unidades de Propiedad

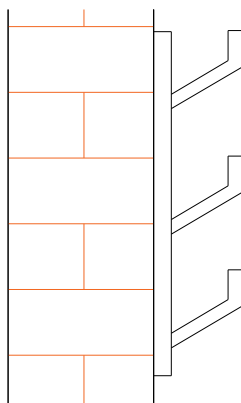


Ilustración 5.9. Soportes interiores de los pozos

5.6.6.- Nomenclatura (Pozos)

Según normas establecidas por la homologación para estructuras subterráneas (pozos), estas se podrán estandarizar de la siguiente forma:

Primer campo

0 = No aplica

Segundo campo

Corresponde al tipo de estructuras utilizadas y las equivalencias son las siguientes:

P = Pozos

5.7.- Transición aérea – subterránea

La transición de una línea aérea a subterránea o viceversa se realizará en un poste de altura mínima de 12 metros para medio voltaje y 10 metros para bajo voltaje, los cables a utilizar se alojarán en una tubería rígida de acero galvanizado.

En toda transición se instalará puntas terminales de uso exterior para los extremos de los cables monopolares de medio voltaje. Las puntas terminales serán seleccionadas adecuadamente para el voltaje y el calibre del conductor.

5.7.1.- Transición subterránea de Medio Voltaje

La transición subterránea de medio voltaje que se derive de redes aéreas incluirá:

- Estructura con dos crucetas para instalación de los seccionadores tipos abiertos y de los pararrayos.
- Estructura con una cruceta para sujeción de los cables de Medio Voltaje - MV.
- Kit para sujeción de los cables.
- Cable de cobre desnudo, cableado suave № 2 AWG 7 hilos, para puesta a tierra.
- El conductor de puesta a tierra de los pararrayos se alojará adjunto al poste.
- Seccionadores tipo abierto dimensionado para el voltaje de operación.
- Pararrayos dimensionado para el voltaje de operación.
- Punta terminal tipo exterior, seleccionada según el voltaje de la red y el calibre del cable monopolar de medio voltaje.
- Conector terminal, tipo espiga u ojo, seleccionado según el calibre del cable monopolar de medio voltaje.
- Codo metálico reversible o tapón de salida múltiple, para sellar la tubería en su punto superior, codo EMT 4”.
- Tubería rígida de acero galvanizado con un diámetro mínimo de 4”, asegurada al poste con cinta metálica y hebillas, de acero inoxidable. La tubería deberá ser aterrizada con un conector de aterrizamiento tubo – cable.
- Codo metálico rígido con curva amplia de 90°, de igual diámetro que la bajante, para unir al pozo que se instala al pie del poste. El codo no debe ser cortado y no sobrepasará la pared terminada del pozo. Se colocará una tuerca corona en el ingreso del codo metálico al pozo para la protección contra fricción del cable. La distancia de la parte superior del pozo al codo será mínima 30 cm.
- La puesta a tierra estará conformada por una varilla de acero recubierta de cobre de 1,80 m por 15.87 mm (5/8”) de diámetro. La conexión se realizará mediante suelda exotérmica.

En las ilustraciones 5.10 y 5.11 se presenta la transición tanto trifásica como monofásica, identificando y especificando cada uno de sus elementos.

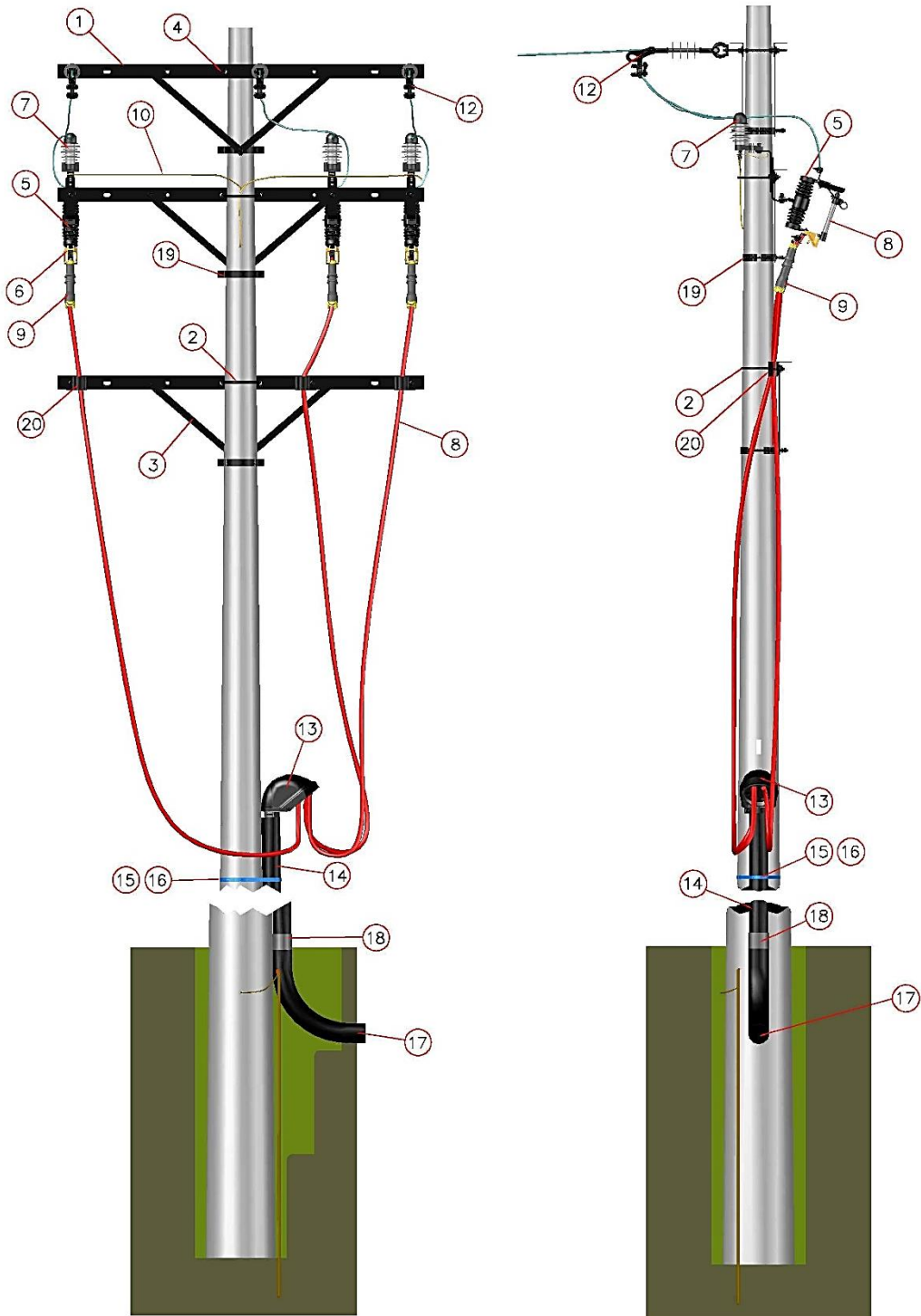


Ilustración 5.10. Transición Aérea – Subterránea Trifásica

Fuente: Unidades de Propiedad



Ministerio de Electricidad
y Energía Renovable

José Tamayo E10-25 y Lizardo García
Telf.: + (593 2) 3976000
www.energia.gob.ec

REVISIÓN: 01	SECCIÓN 4: MANUAL DE LAS UNIDADES DE CONSTRUCCIÓN (UC)		
FECHA: 2013-06-06			
HOJA 1 DE 2	HOMOLOGACIÓN DE LAS UNIDADES DE PROPIEDAD (UP)		
IDENTIFICADOR UP-UC	TRANSICIÓN DE REDES AÉREAS A SUBTERRÁNEAS DE DISTRIBUCIÓN 22000 GRDY / 12700 - 22860 / 13200 V.		
SSV-3RS			
IDENTIFICADOR UC	PARA TRES FASES EN ESTRUCTURA CENTRADA		
3RS			
LISTA DE MATERIALES			
REF.	UNID.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	c/u	Cruceta Acero Galvanizado, Universal, Perfil "L" 75 X 75 X 6 X 2 400 mm(3 X 3 X 1/4 X 79")	2
2	c/u	Perno "U" Acero Galvanizado, con 2 Tuerca, Arandelas: 2 Planas y 2 Presión de 16 X 150 mm (5/8" X 6"), Ancho dentro de la u	2
3	c/u	Pie Amigo de Acero Galvanizado, Perfil "L" 38 X 38 X 6 X 711 mm (1 1/2 X 1/4 X 28")	4
4	c/u	Perno Máquina Acero Galvanizado, Tuerca, Arandela Plana Y Presión, 16 X 38 mm (5/8 X 1,5")	10
5	c/u	Seccionador Fusible Unipolar, Tipo Abierto 27 KV - 100	3
6	c/u	Tirafusible cabeza removible	NOTA 1
7	c/u	Pararrayos Clase Distribución Polimérico, Óxido Metálico, 18 kV, con desconectador	3
8	m	Cable unipolar de Cu, Aislado 25 kV, XLPE, AWG, 19 hilos, 100% NA	NOTA 2
9	c/u	Terminal de medio voltaje para exteriores con aislamiento 25 kV	3
10	m	Cable de Cu, cableado aislado 600 V, TW, 10 AWG	3
11	c/u	Estribo para derivación , aleación Cu-Sn	3
12	c/u	Grapa aleación de Al, Derivación para línea en caliente, Rango 4 - 2/0	3
13	c/u	Reversible EMT 110 mm	1
14	c/u	Tubo Rígido de acero galvanizado 110mm - 6 metros	1
15	m	Fleje de acero inoxidable, 0,76mm de espesor x 19,05mm de ancho.	3
16	c/u	Hebilla para fleje de acero inoxidable de 19,05mm de ancho	3
17	c/u	Codo de acero galvanizado inoxidable de 110mm curva amplia de 90 grados.	1
18	c/u	Unión para Tubo Rígido Conduit de acero galvanizado 110mm	1
19	c/u	Abrazadera acero galvanizado, pletina, 3 pernos, 38 X 4 X 140 - 160 mm (1 1/2 X 11/64 X 5 1/2 - 6 1/2")	2
20	c/u	Accesorio de sujeción para terminal	3
NOTAS:			
1.- La cantidad, capacidad y el tipo de la tirafusible dependerá del diseño			
2.- El Calibre y longitud del cable será de acuerdo al diseño			

Tabla 5.11. Listado de componente: Transición Aérea – Subterránea Trifásica

Fuente: Unidades de Propiedad

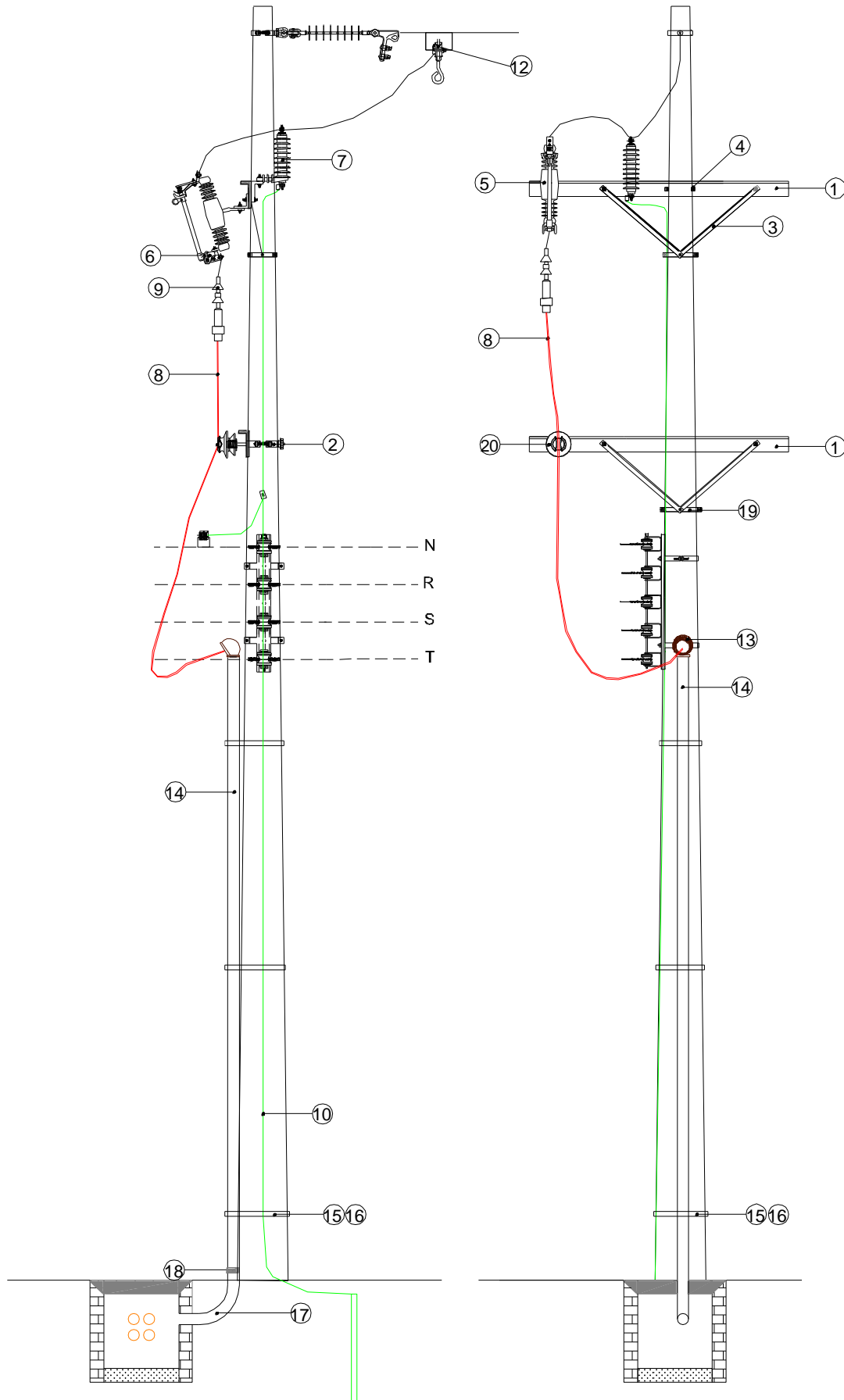


Ilustración 5.11. Transición Aérea – Subterránea Monofásica

Carpio Pauta Daniel
Marín Iñiguez Diego



Ministerio de Electricidad
y Energía Renovable

José Tamayo E10-25 y Lizardo García
Telf.: + (593 2) 3976000
www.energia.gob.ec

REVISIÓN: 01	SECCIÓN 4: MANUAL DE LAS UNIDADES DE CONSTRUCCIÓN (UC)		
FECHA: 2013-06-06			
HOJA 1 DE 2	HOMOLOGACIÓN DE LAS UNIDADES DE PROPIEDAD (UP)		
IDENTIFICADOR UP-UC			
SSV-1RS	TRANSICIÓN DE REDES AÉREAS A SUBTERRÁNEAS DE DISTRIBUCIÓN 22000 GRDY / 12700 - 22860 / 13200 V.		
IDENTIFICADOR UC	PARA UNA FASE EN ESTRUCTURA CENTRADA		
1RS			
LISTA DE MATERIALES			
REF.	UNID.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	c/u	Cruceta de Acero Galvanizado, Perfil "L" 75 X 75 X 6 X 1200 mm	2
2	c/u	Perno "U" Acero Galvanizado, con 2 Tuerca, Arandelas: 2 Planas y 2 Presión de 16 X 150 mm (5/8" X 6"), Ancho dentro de la u	2
3	c/u	Pie Amigo de Acero Galvanizado, Perfil "L" 38 X 38 X 6 X 711 mm (1 1/2 X 1/4 X 28")	4
4	c/u	Perno Máquina Acero Galvanizado, Tuerca, Arandela Plana Y Presión, 16 X 38 mm (5/8 X 1,5")	6
5	c/u	Seccionador Fusible Unipolar, Tipo Abierto 27 KV - 100	1
6	c/u	Tirafusible cabeza removible	NOTA 1
7	c/u	Pararrayos Clase Distribución Polimérico, Óxido Metálico, 18 kV, con desconectador	1
8	m	Cable unipolar de Cu, Aislado 25 kV, XLPE, AWG, 19 hilos, 100% NA	NOTA 2
9	c/u	Terminal de medio voltaje para exteriores con aislamiento 25 kV	1
10	m	Cable de Cu, cableado aislado 600 V, TW, 10 AWG	1
11	c/u	Estribo para derivación , aleación Cu-Sn	1
12	c/u	Grapa aleación de Al, Derivación para línea en caliente, Rango 4 - 2/0	1
13	c/u	Reversible EMT 110 mm	1
14	c/u	Tubo Rígido de acero galvanizado 110mm - 6 metros	1
15	m	Fleje de acero inoxidable, 0,76mm de espesor x 19,05mm de ancho.	3
16	c/u	Hebilla para fleje de acero inoxidable de 19,05mm de ancho	3
17	c/u	Codo de acero galvanizado inoxidable de 110mm curva amplia de 90 grados.	1
18	c/u	Unión para Tubo Rígido Conduit de acero galvanizado 110mm	1
19	c/u	Abrazadera acero galvanizado, pletina, 3 pernos, 38 X 4 X 140 - 160 mm (1 1/2 X 11/64 X 5 1/2 -6 1/2")	2
20	c/u	Accesorio de sujeción para terminal	1
NOTAS:			
1.- La cantidad, capacidad y el tipo de la tirafusible dependerá del diseño			
2.- El Calibre y longitud del cable será de acuerdo al diseño			

Tabla 5.12. Listado de componente: Transición Aérea – Subterránea Monofásica

Fuente: Unidades de propiedad

5.7.2.- Transición subterránea de Bajo Voltaje

La transición subterránea de bajo voltaje que se derive de redes aéreas incluirá:

- Cable de cobre desnudo, cableado suave № 2 AWG 7 hilos, para puesta a tierra.
- Codo metálico reversible o tapón de salida múltiple, para sellar la tubería en su punto superior, seleccionada según el número y diámetro de los conductores de la transición.
- Tubería rígida de acero galvanizado con un diámetro mínimo de 2", asegurada al poste con cinta metálica y hebillas, de acero inoxidable. La tubería deberá ser aterrizada con un conector de aterrizamiento tubo-cable.
- Codo metálico rígido con curva amplia de 90°, de igual diámetro que la bajante, para unir al pozo que se instala al pie del poste. El codo no debe ser cortado y no sobrepasará la pared terminada del pozo. Se colocará una tuerca corona en el ingreso del codo metálico al pozo para la protección contra fricción del cable. La distancia de la parte superior del pozo al codo será mínimo 30 cm.
- La puesta a tierra estará conformada por una varilla de acero recubierta de cobre de 1,80 m por 15,87 mm (5/8") de diámetro. La conexión se realizará mediante suelda exotérmica.

5.8.- Banco de ductos [5]

Los bancos de ductos nos proporcionan un trayecto para comunicar los pozos con otras estructuras subterráneas, estos podrán servir como medio para pasar cables u otros elementos de manera soterrada.

5.8.1.- Características de los ductos

Para la implementación de los bancos de ductos se recomienda considerar lo siguiente:

- Los ductos con conductores y de reserva deben taponarse a fin de mantenerlos libres de basura, roedores, agua, etc.
- Los accesorios como pegamento, anillos de goma y tapones tienen que ser diseñados para uso con la tubería arriba especificada.
- El color del ducto para instalaciones eléctricas subterráneas será de color naranja.
- La suma del área de la sección transversal de todos los conductores o cables en una canalización no debe exceder 40%.

Tabla 5.13. Características de los ductos

Fuente: Unidades de Propiedad

Calibre del conductor (AWG o kcmil)	Voltaje (kV)	Diámetro del ducto (mm)	Transición Ducto (mm)
1/0, 2/0, 3/0, 4/0, 250, 300, 350, 500	35	160	160
2, 1/0, 2/0, 3/0, 4/0, 250, 300, 350	15 – 25	110	110
500	15 – 25	160	160
4, 2, 1/0, 2/0, 3/0, 4/0	0,6	110	110
6, 4, 2, 1/0	0,6 (Alumbrado Público y acometidas)	50	50

5.8.2.- Configuración de ductos

La configuración de los ductos dentro de una misma zanja está referenciada en base al número de filas por número de columnas.

Se pueden utilizar las siguientes configuraciones de ductos, donde el primer dígito indica el número de filas y el segundo dígito indica el número de columnas.

Tabla 5.14. Configuraciones de los ductos

Fuente: Unidades de Propiedad

Fila x Columna	Fila x Columna	Fila x Columna
1 x 2	1 x 3	1 x 4
2 x 2	2 x 3	2 x 4
3 x 2	3 x 3	3 x 4
4 x 2	4 x 3	

Nota: Para los sistemas de comunicación de equipos eléctricos, se colocará en toda canalización un triducto de polietileno de pared exterior lisa e interior con estrías longitudinales, de 40 mm de diámetro.

5.8.3.- Separadores de tubería

La separación mínima horizontal y vertical entre ductos de un mismo banco será de 5 cm, independiente del diámetro de tubería y del nivel de voltaje empleado.

La distancia longitudinal entre cada separador será de 2,5 metros.

5.8.4.- Cinta de señalización

Para indicar la existencia de ductos eléctricos se debe colocar una cinta o banda de PVC en toda la trayectoria del banco de ductos.

La cinta o banda se colocará a una profundidad de 20 cm medidos desde el nivel del piso terminado de la acera o calzada.

Cuando el ancho de la zanja es menor o igual a 50 cm se colocará una cinta de señalización, si la zanja es mayor a 50 cm se colocará dos cintas de señalización.

La cinta de señalización deberá contener la siguiente información:

- Señal de advertencia de peligro de riesgo eléctrico. (ISO 3864)
- Leyenda de advertencia de la presencia de cables eléctricos.
- Logotipo de la empresa distribuidora.



Ilustración 5.12. Señalización de seguridad

Fuente: Unidades de Propiedad

5.8.5.- Profundidad

La profundidad mínima a instalar los bancos de ductos se muestra en la tabla 5.15, este valor es respecto a la parte superior de los ductos.

Tabla 5.15. Ducteria en Vías

Fuente: Unidades de Propiedad

Locación	Profundidad mínima
Lugares no transitados por vehículos	0,6
Lugares transitados por vehículos	0,8

En los casos que no se puedan obtener estos valores de profundidad mínimas, se deberá colocar en todo el trayecto de la zanja hormigón de resistencia mecánica tal que garantice la misma protección al banco de ductos que con las condiciones de profundidades mínimas establecidas en el cuadro anterior.

5.8.6.- Ancho de la zanja

El ancho de la zanja debe ser tal, que permita colocar la plantilla, hacer el acoplamiento sin dificultad y compactar el relleno.

$$B_d = N * D + (N - 1)e + 2X$$

Donde:

B_d = Ancho de la zanja.

N = Número de tubos (vías) en sentido horizontal.

D = Diámetro exterior del tubo.

e = Espacio entre tubos (Mínimo 5 cm).

x = Distancia entre la tubería y la pared de la zanja. (Mínimo 10 cm).

5.8.7.- Conductores Subterráneos

Según normas homologadas por el MEER, la nomenclatura para clasificar los conductores está dispuesta de la siguiente manera:

Primer campo

Para definir el tipo de conductor a emplear en las redes de distribución se empleará la tabla 5.16.

Tabla 5.16. Conductores de redes de distribución

Fuente: Unidades de propiedad

TIPO	EQUIVALENCIA
ASC o AAC	A
ACSR	B
AAAC 5005	C
AAAC 6201	D
CU Desnudo	G
TW Aluminio	I
MULTIPLEX Aluminio	J
MULTICONDUCTOR	N
TW Cobre	O
TTU Cobre	P
THHN Cobre	Q
PREENSAMBLADO PORTANTE AAAC	T
PREENSAMBLADO PORTANTE ACSR	U
CONDUCTOR AISLADO DE MEDIO VOLTAJE Cobre, Clase 15kV	V
CONDUCTOR AISLADO DE MEDIO VOLTAJE Cobre, Clase 25kV	Y
CONDUCTOR AISLADO DE MEDIO VOLTAJE Aluminio, Clase 15kV	Z
CONDUCTOR AISLADO DE MEDIO VOLTAJE Aluminio, Clase 25kV	E
CONCÉNTRICO Aluminio	X

Segundo campo

Estará conformado por caracteres de tipo numérico y signos; donde el primer número de conductores estará relacionado con el número de fases o hilos del sistema, seguidos por un signo “x” para vincular con el calibre del conductor.

Para alimentadores primarios en Medio Voltaje – MV los calibres definidos serán: 250 MCM XLPE, 350 MCM XLPE.

Tabla 5.17. Calibres de conductores

Fuente: Unidades de propiedad

Calibres			
AWG		MCM	mm ²
8	1/0	250	35
6	2/0	266,8	50
4	3/0	300	70
2	4/0	366,4	95

Ejemplo 2:

$$Y1x1/0 + G1x2$$

Donde:

$$Y1x1/0 =$$

1 Conductor aislado de medio voltaje Cobre 25kV 1/0 XLPE, color rojo

$G1x2 = 1$ Conductor de CU Desnudo Nº 2

5.8.8.- Estructuras Subterráneas (Banco de ductos)

Según normas establecidas por la homologación para estructuras subterráneas (banco de ductos), estas se podrán estandarizar de la siguiente forma:

Primer campo

0 = No aplica

Segundo campo

Corresponde al tipo de estructuras utilizadas y las equivalencias son las siguientes:

$B =$ Banco de ductos

Tercer campo

La configuración de ductos se define sobre las bases establecidas en la tabla 5.14.

Fila x Columna	Fila x Columna	Fila x Columna
1 x 2	1 x 3	1 x 4
2 x 2	2 x 3	2 x 4
3 x 2	3 x 3	3 x 4
4 x 2	4 x 3	

Cuarto campo

El diámetro de los ductos esta define por un carácter alfabético, las equivalencias son las siguientes:

$$A = 50 \text{ mm}$$

$$B = 110 \text{ mm}$$

$$C = 160 \text{ mm}$$

Quinto campo

La ubicación del banco de ductos está definida por un carácter numérico, las equivalencias son las siguientes:

$$1 = \text{Acera}$$

$$2 = \text{Calzada}$$

Esta nomenclatura ayuda a identificar las configuraciones de las estructuras de redes subterráneas de distribución, acorde los criterios planteados por la empresa.

Ejemplo 3:

0B2X3B1

Donde:

0 = No aplica

B = Banco de ductos

2X3 = 2 filas 3 columnas

B = Diámetro de los ductos

1 = Acera

5.10.- Transformadores [5]

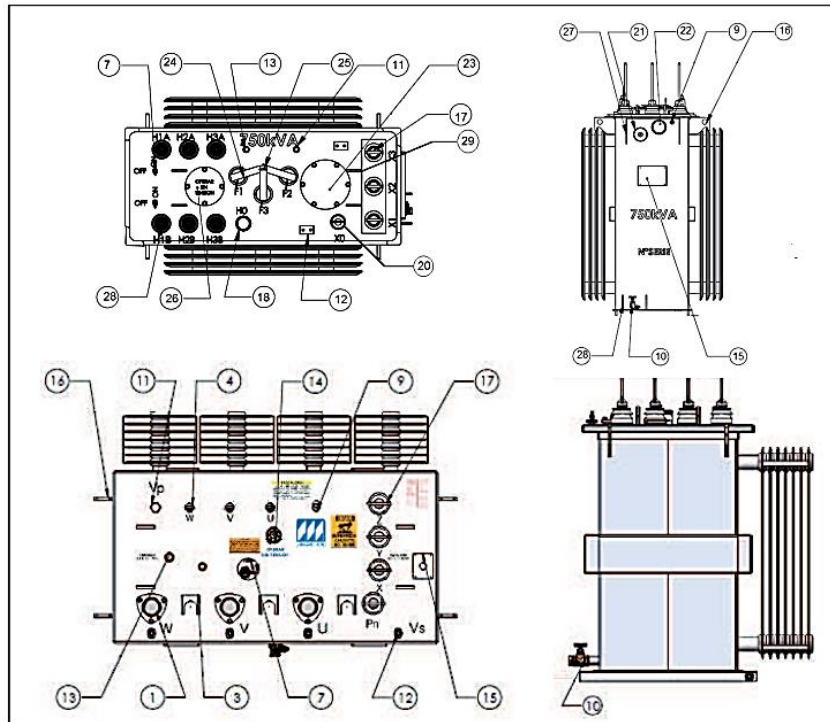
5.10.1.- Tipos de Transformadores

5.10.1.1.-Transformadores tipo sumergible

Características Generales: Los transformadores sumergibles deberán ser utilizados en cámaras subterráneas, las cuales estas sujetas a inundaciones; estos equipos están diseñados para que operen ocasionalmente sumergido en agua, bajo condiciones predeterminadas de presión y tiempo. Todas las partes vivas del transformador fusibles, instrumentos y boquillas son montadas en la tapa superior del mismo. Únicamente la válvula de drenaje y muestreo se localizan en las paredes laterales del transformador.

Características constructivas:

- Con o sin interruptor termomagnético
- Accesorios tipo frente muerto y aislados
- Tanque de acero inoxidable
- Totalmente sellado.
- Cambiador de derivaciones de operación exterior con manivela de material inoxidable.
- Boquillas de medio voltaje tipo pozo
- Boquillas de bajo voltaje tipo muelle
- Tapón combinado para drenaje y boquilla estacionaria.
- Empaques de material elastomérico y compatibilidad con liquido aislante.
- Soporte para boquilla estacionara.



DESCRIPCION		
1	Buje tipo pozo	
3	Soporte para buje de parqueo	
4	Conjunto Bayoneta para fusible	
5	Fusible bayoneta	
7	Seccionador	
9	Válvula de Sobrepresión	
10	Válvula de drenaje NTP con dispositivo de muestreo	
11	Niple y tapón para llenado	
12	Puntos de puesta a tierra	
13	Indicador de Nivel de aceite	
14	Conmutador	
15	Placas de características	
16	Medios de Izaje	
17	Terminales de Baja Tensión	
OTROS ACCESORIOS		
DESCRIPCION	MONOFASICO	TRIFASICO
Buje Inserto	X	X
Fusible de respaldo		X
Codo	X	X

Ilustración 5.13. Transformador sumergible vista superior y lateral

Fuente: magnetron.com.co



Ilustración 5.14. Transformador sumergible

Fuente: magnetron.com.co

5.10.1.2.- Transformadores tipo pedestal (Padmounted)

Características Generales: Los transformadores tipo pedestal monofásicos y trifásicos se fabrican especialmente para aquellos sitios donde la distribución de medio voltaje es subterránea tales como: urbanizaciones, parques, áreas verdes, plazas, etc. y estarán ubicados a la intemperie o excepcionalmente en lugares donde no exista el espacio físico para la construcción de una cámara eléctrica a nivel.

Características constructivas:

- Conexión del transformador estrella – estrella para 22 kV y delta - estrella para 13.8 y 6.3 kV.
- Se puede escoger entre tipo radial o tipo malla.
- Transformador tipo Radial monofásico o trifásico, debe de contar con interruptor de apertura y cierre con carga en lado primario.
- Transformador tipo Malla monofásico o trifásico, debe contar con un interruptor de apertura y cierre con carga en lado primario de cuatro posiciones y un bushing para puesta a tierra.
- Dos protecciones contra sobrecorrientes en el lado primario: fusible de expulsión y un fusible limitador de corriente.
- Protección contra sobrevoltajes en el lado primario mediante un Codo Tipo Pararrayo conectado en un terminal Feed Thru Insert. Siempre y cuando la longitud del cable hasta el transformador sea mayor a 25 metros.
- El fusible limitador de corriente es un fusible de respaldo que solo actúa en caso de fallas internas del transformador. Las fallas externas de Bajo Voltaje deben ser despejadas por el interruptor automático de bajo voltaje y como respaldo el fusible tipo bayoneta.

- Protección contra sobrecorrientes en el lado secundario mediante interruptor termomagnético sumergido en aceite, actualmente para equipos monofásicos hasta 100 kVA y para equipos trifásicos hasta 160 kVA. Si excede esos valores se deberá de colocar una protección externa mediante interruptores termomagnéticos en caja moldeada.
- Voltaje nominal en la posición 2 del intercambiador de taps. Según homologación.
- Se debe incluir un juego completo fusible de expulsión.
- Los transformadores monofásicos a 6.3 kV deben disponer de dos bushing o pasatapas en el lado de medio voltaje.
- Los bushings de medio voltaje serán de tipo elastoméricos de accionamiento bajo carga y frente muerto.
- La estructura de los tanques deberá ser construidos con láminas de acero al carbón.



Ilustración 5.15. Transformador Padmounted

Fuente: Unidades de propiedad

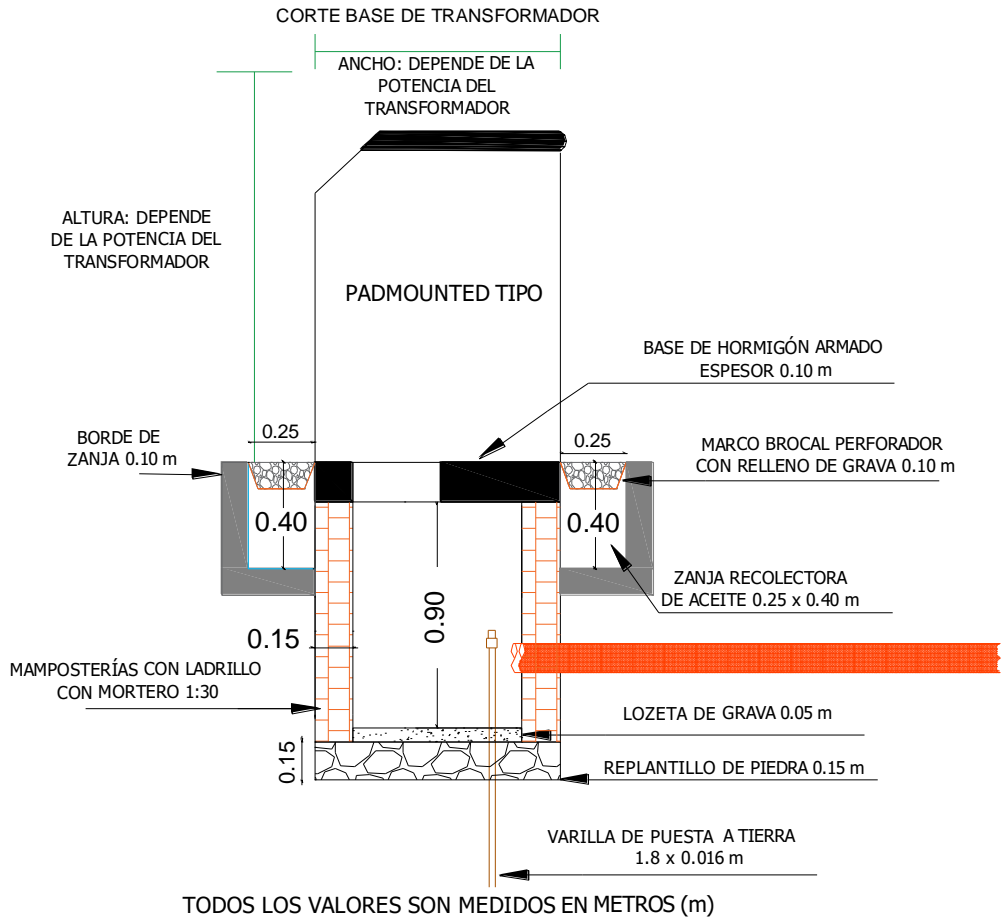


Ilustración 5.16. Transformador Padmounted corte base

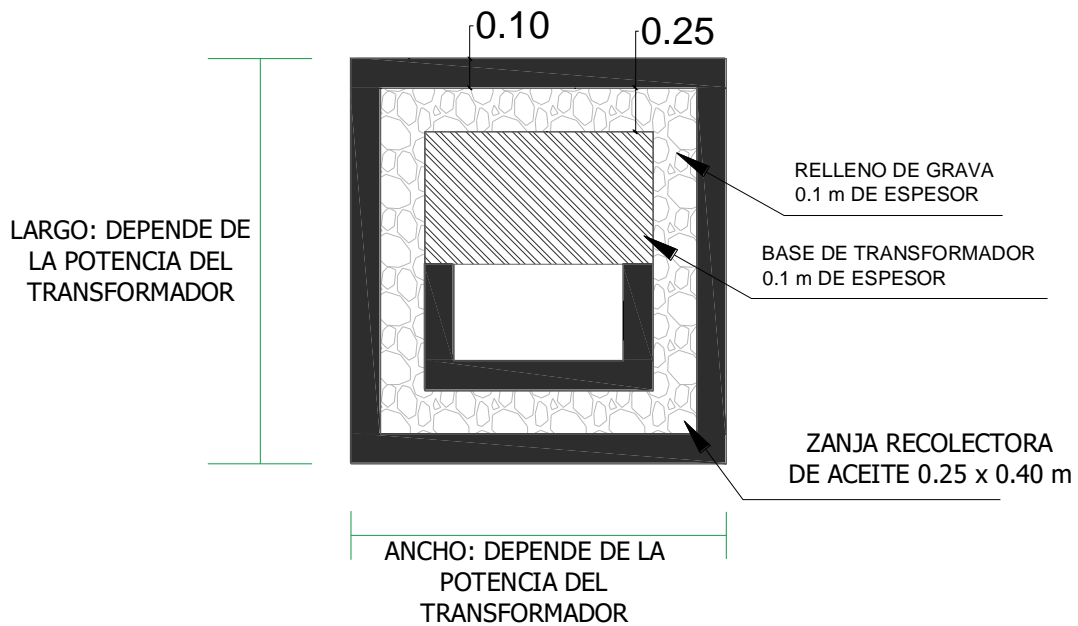


Ilustración 5.17. Transformador Padmounted corte superior depende de la potencia

Diagrama unifilar de seccionador de 4 posiciones

1 SWITCH POSICIÓN: "ABC"

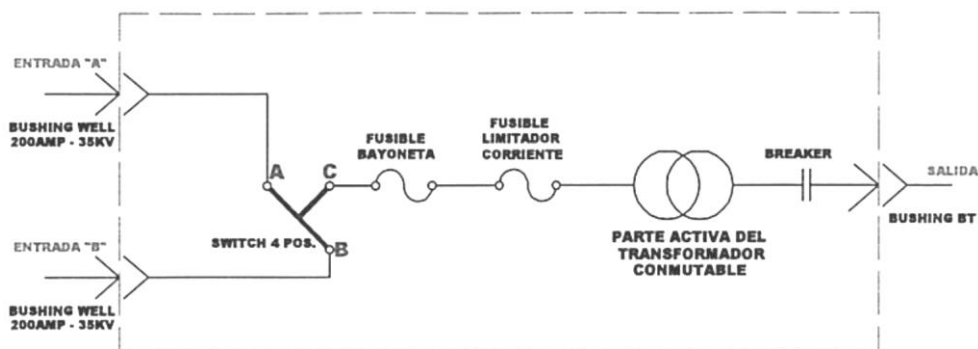


Ilustración 5.18. Posición de Tap "ABC"

Fuente: EERCSCA

2 SWITCH POSICIÓN: "AC"

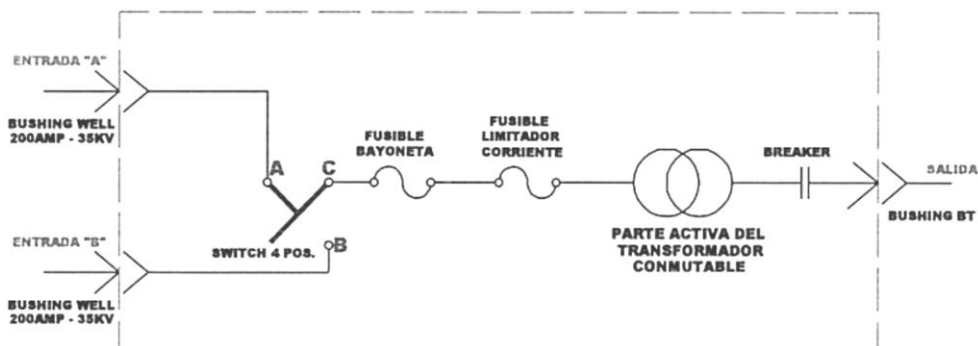


Ilustración 5.19. Posición de Tap "AC"

Fuente: EERCSCA

3 SWITCH POSICIÓN: "AB"

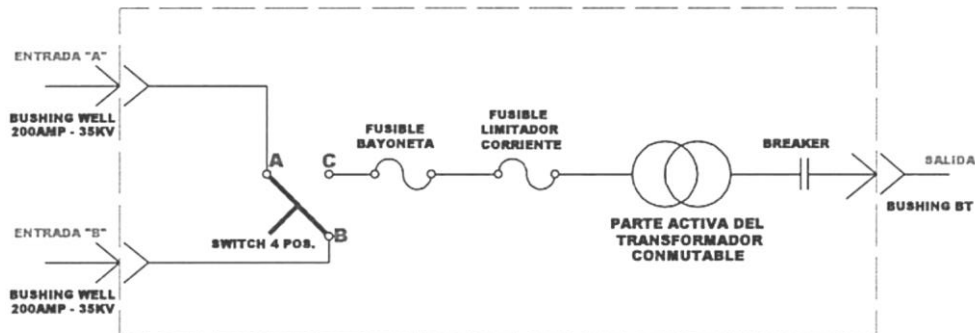


Ilustración 5.20. Posición de Tap "AB"

Fuente: EERCSCA

4 SWITCH POSICIÓN: "BC"

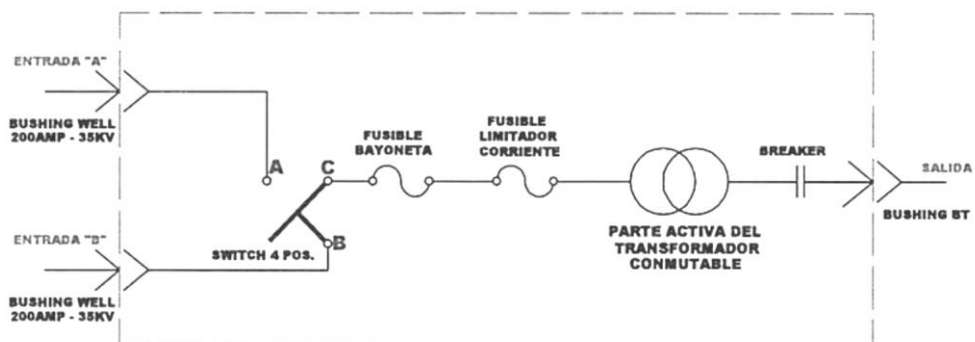


Ilustración 5.21. Posición de Taps "BC"

Fuente: EERCSCA

5.10.1.3.- Transformador de frente muerto

Los transformadores de frente muerto son aquellos en las que sus partes vivas energizadas no están al alcance de las personas no calificadas, por lo general los transformadores de frente muerto presentan similares características a los transformadores convencionales, con la excepción de la conexión exterior de MV el cual estará efectuada por medio de conectores elastoméricos.

5.10.1.4.- Transformador de cabina convencional

Los transformadores de cabina convencional permiten la inercia térmica elevada, es decir, permite soportar ciclos de carga con variaciones de potencia, no requiere de ningún mantenimiento en condición normal de servicio y las pérdidas estándar, reducidas o conformes a las especificaciones solicitadas por el cliente.

El transformador de cabina convencional presenta las siguientes características constructivas:

- Depósito hermético de llenado integral en vacío.
- Dieléctrico líquido exento de PCB.
- Modo de refrigeración ONAN.
- Bobinado de cobre o de aluminio según las potencias.
- Circuito magnético de chapa de hierro-silicio con cristales orientados.
- Voltaje primario con ajuste +/- 2,5 % +/- 5% por conmutador de maneta maniobrable fuera de voltaje (posibilidad de aparatos bivoltaje, MV/MV).



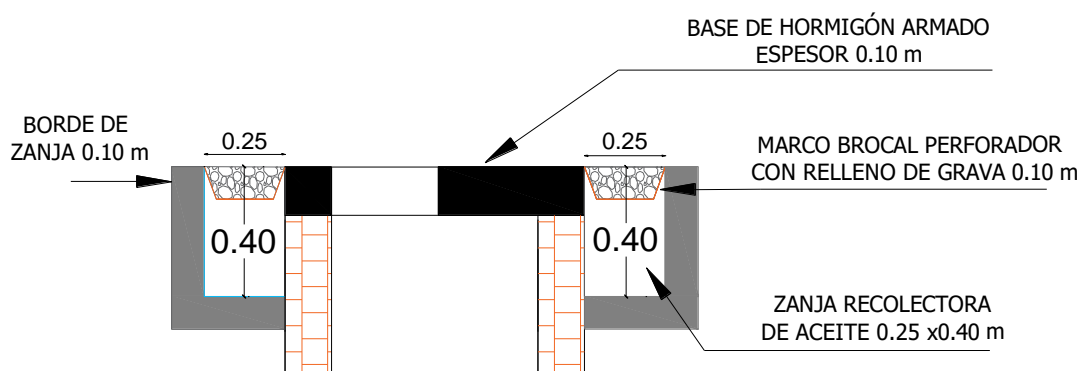
Ilustración 5.22. Transformador convencional para redes subterráneas

Fuente: groupe-cahors.com

5.10.2.- Zanja de recolección de aceite

Con la finalidad de evitar problemas ante un eventual derrame de aceite del transformador, se deberá construir alrededor del perímetro del mismo una zanja de hormigón de 25 cm de ancho x 40 cm de profundidad (ilustración 5.23 y 5.24); la misma que contendrá una bandeja apaga fuegos de acero galvanizada perforada ubicada a 10 cm de la parte superior de la zanja y cubierta con grava.

Estas dimensiones son mínimas y podrán variar de acuerdo a la potencia del transformador y al volumen de aceite del mismo. La zanja tendrá la capacidad de albergar en su interior el 100% del aceite del transformador.



TODOS LOS VALORES SON MEDIDOS EN METROS (m)

Ilustración 5.23. Zanja de recolección de aceite corte base

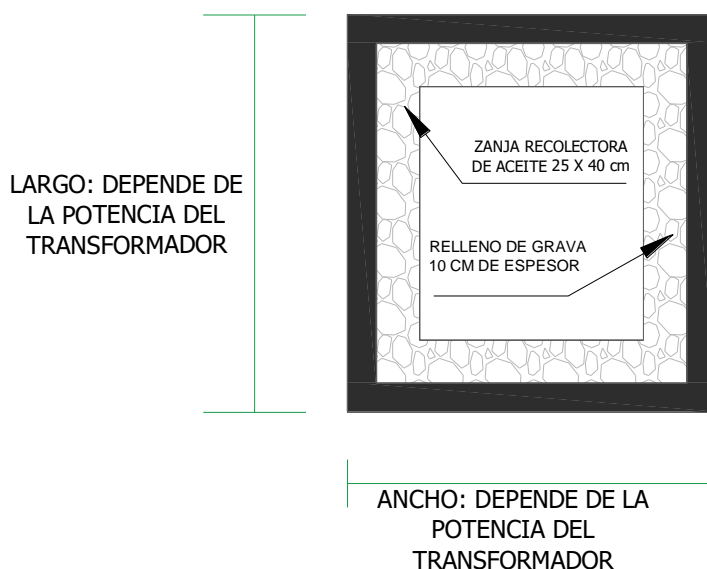


Ilustración 5.24. Zanja de recolección de aceite corte superior

5.10.3.- Distancias de seguridad

Las distancias de seguridad permiten delimitar un área de trabajo alrededor del equipo distribuidor de energía y evitar el contacto innecesario, previendo posibles accidentes.

Las dimensiones estarán proyectadas para tener 3 caras (laterales y posterior) a 50 cm del equipo con distancias pertinentes evitando el contacto innecesario; en tanto la cara frontal del equipo con 2 metros para maniobras de conexión por medio de pértiga u otro equipo de desconexión, a no ser que se le provea de una puerta de acceso al frente del transformador.

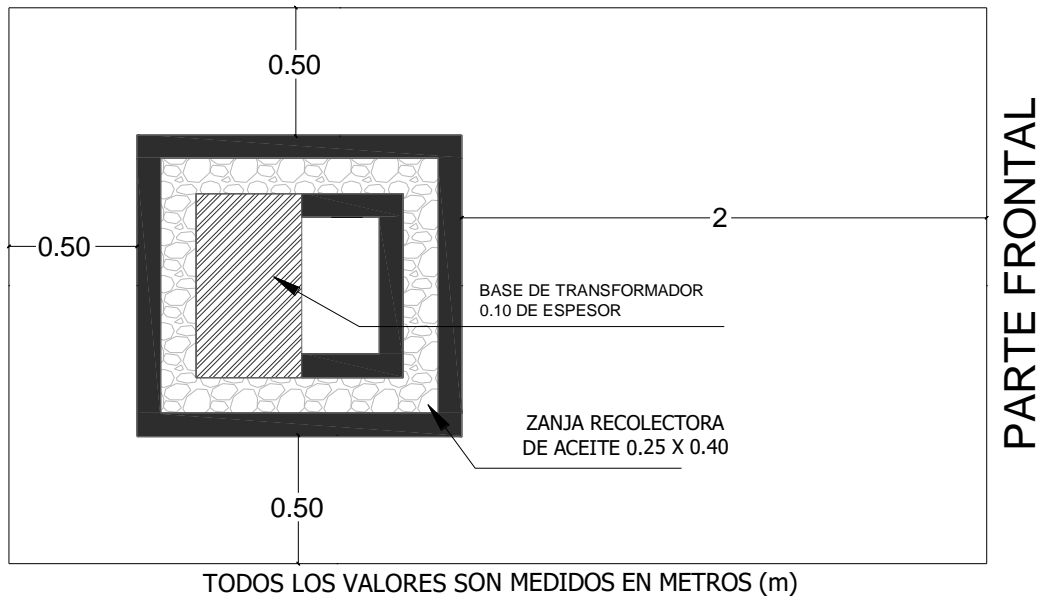


Ilustración 5.25. Distancias de seguridad en padmounted

5.10.4.- Equipos de seccionamiento y protección

5.10.4.1.- Celdas de medio voltaje aisladas en SF6

Características Generales: Las celdas con aislamiento en SF6 deben ser diseñadas y probadas para aplicaciones en servicio interior, empleando como medio de aislamiento el gas hexafluoruro de azufre (SF6) y como sistema de extinción SF6 o vacío, cumpliendo con las reglamentaciones y normas.

Las celdas son exclusivamente diseñadas para la conexión, desconexión y la distribución de la energía eléctrica en corrientes de hasta 630 A., en voltajes hasta 38 kV, 60 Hz. Las celdas de aislamiento en SF6 deberán ser diseñadas para todo tipo de aplicaciones en servicio interior, instaladas en cámaras a nivel y soterradas.

Características constructivas:

- Armadas y probadas en fábrica, para aplicaciones en servicio interior.
- Aislamiento en SF6.
- Resistencia al arco eléctrico.
- Máxima seguridad para las personas.
- Máxima seguridad de operación.
- Resistencia a las condiciones atmosféricas (humedad relativa, temperatura ambiente, altitud, suciedad, etc.).
- Libre de mantenimiento.

- Dimensiones reducidas.

5.11.- Cámaras eléctricas subterráneas [5]

Los proyectos de diseño y construcción de cámaras eléctricas que emplean las empresas distribuidoras, se rigen a las especificaciones técnicas homologadas por el MEER, las cuales tienen por objeto definir las características que deben satisfacer las obras necesarias para la adecuada utilización de dichas cámaras, tales como: parámetros eléctricos requeridos, los materiales de construcción, diseños propuestos, iluminación interior, ventilación, drenaje, planos de distribución, detalles constructivos y otros según su aplicación.

Las dimensiones interiores de las cámaras dependerán directamente de la potencia, número de transformadores y de las medidas de los equipos a instalarse, las dimensiones pueden variar en función de las distancias mínimas de seguridad para evitar accidentes de las personas que trabajen dentro de ésta.

Parámetros y consideraciones para determinación de las dimensiones de las cámaras eléctricas:

- Las dimensiones interiores mínimas de las cámaras tanto para las empresas distribuidoras, así como particulares con celdas o interruptores de Medio Voltaje de tres vías y tablero de distribución de Bajo Voltaje para potencias de 250 hasta 800 kVA, se dan en la tabla 5.18, en función del número de transformadores y del voltaje nominal que alimenta a la cámara.

Tabla 5.18. Dimensiones de cámaras según voltajes

Fuente: Unidades de propiedad

Numero de transformadores	Voltaje nominal de la línea de distribución en Medio Voltaje	Dimensiones mínimas (cm)		
		A	B	H
1	< 24 kV	420	540	300
2	< 24 kV	420	600	300

A = Ancho

B = Largo

H = Altura

Las dimensiones de las cámaras se encuentran mejor mostradas en el anexo L: “Cámaras eléctricas para transformadores < 24kV”, estas dimensiones pueden variar dependiendo de la potencia a manejar.

- Las dimensiones interiores mínimas de las cámaras eléctricas con un transformador menor a 250 kVA están dadas en función de la medida de los equipos y de las distancias de seguridad. En este tipo de cámaras estarán instaladas exclusivamente el transformador de distribución y su respectivo seccionamiento o protección con barrajes desconectables o celdas de MV, mínimo 3 circuitos de Medio Voltaje.

Ninguna cámara podrá ser inferior a estas medidas:

Largo = 3 m

Ancho = 2,2 m (Transformador Monofásico)

Ancho = 3,7 m (Transformador Trifásico)

Alto = 3 m

Acorde a las normativas ecuatorianas referidos al sector eléctrico se establecen los siguientes criterios referentes a bóvedas para transformadores presentada en la norma NEC artículo 450-42 a continuación:

“450-42. Paredes, techo y piso. Las paredes y techos de las bóvedas para transformadores deben estar hechos de materiales con resistencia estructural adecuada a las condiciones de uso y con una resistencia mínima al fuego de tres horas. Los pisos de las bóvedas que estén en contacto con la tierra deben ser de hormigón y de un espesor mínimo de 0,10 m, pero si la bóveda está construida teniendo por debajo un espacio vacío u otras plantas (pisos) del edificio, el piso debe tener una resistencia estructural adecuada para soportar la carga impuesta sobre él y debe tener una resistencia mínima al fuego de tres horas. A efectos de este Artículo no son aceptables las bóvedas con listones y paneles en las paredes.”

5.11.1.- Cámaras sobrepuestas (preensambladas)

Son cámaras preparadas para su montaje, estas presentan características para su transporte y ubicación sea más sencilla; facilitando su instalación estas cámaras pueden ser de características soterradas o superficiales.

5.11.2.- Cámaras de barrajes

Son cámaras diseñadas para realizar la distribución de energía en las redes propuestas, estas cámaras deberán de poseer dimensionamiento acorde a los estándares establecidos por la EERCSCA en el Anexo M: “Pozos tipo E”.

5.11.3.- Acceso a los equipos dentro de las cámaras eléctricas

Los accesos a cualquier cámara subterránea se deben realizar por medio de una escalerilla para reducir el espacio empleado en la ubicación del ingreso, estas se localizan en una esquina de la cámara subterránea como se muestra en la ilustración 5.26.

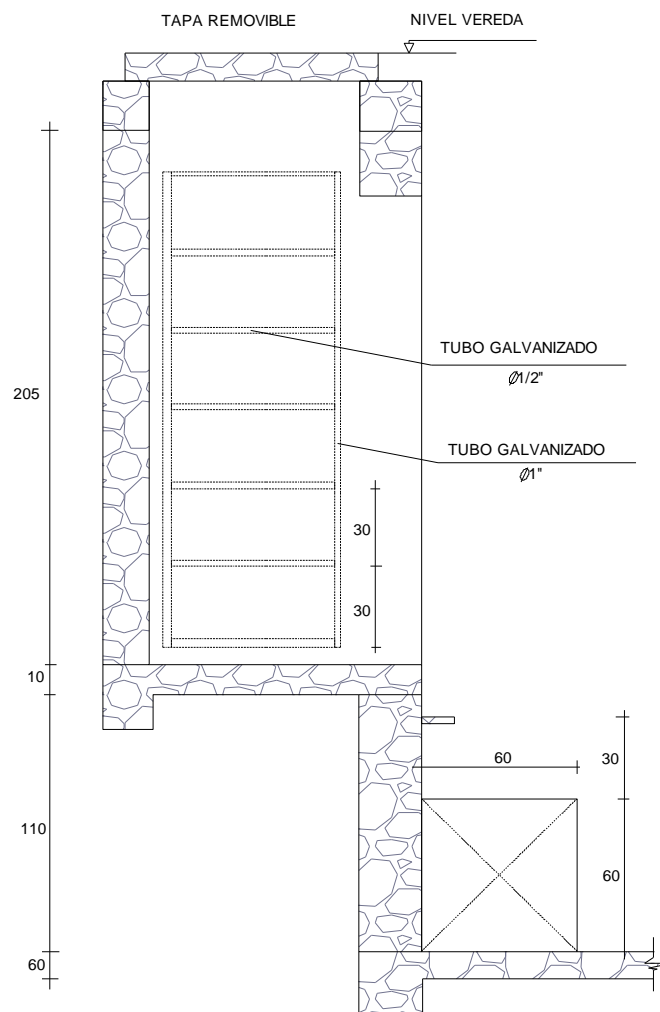


Ilustración 5.26. Escalerilla y ubicación para acceso a cámaras subterráneas

Fuente: EERCSCA

5.11.4.- Sistema de ventilación

La temperatura de las cámaras eléctricas será como máximo 15°C superior a la temperatura promedio ambiente donde está ubicada.

Las cámaras eléctricas en las cuales la ventilación natural no sea suficiente para mantener la temperatura anteriormente mencionada, deberá utilizar un sistema de ventilación forzada, la cual se compone de:

- Pozos de acceso y evacuación de aire
- Ductos de acceso y evacuación de aire
- Sistema mecánico de ventilación
- Ventanas de acceso y evacuación de aire dentro de la cámara eléctrica.

Ductos de acceso y evacuación de aire:

En las cámaras eléctricas se debe disponer de una entrada de aire fresco del exterior por medio de un ducto circular conectado desde el pozo de acceso hasta llegar a la pared adyacente donde se ubica el transformador, para mantener la temperatura de la cámara en los niveles establecidos.

El área mínima del ducto debe ser 1250 cm² (ducto de 40cm de diámetro).

El ducto para la salida de aire caliente se colocará en la parte superior de la pared contraria al ducto de ingreso y llegará hasta el pozo de evacuación.

El material del ducto deberá ser de PVC corrugado.

5.11.5.- Equipos de maniobra y protección

En cámaras subterráneas se deberá utilizar equipos de seccionamiento y protección tipo sumergible como: módulos premoldeados (conectores tipo codo, tipo “T” o codo portafusible), barrajes desconectables e interruptores de MV aislados en SF₆.

En Cámaras a nivel se empleará equipos de seccionamiento y protección como: celdas de Medio Voltaje, módulos premoldeados (conectores tipo codo, tipo “T” o codo portafusible), barrajes desconectables y tableros de distribución de Bajo Voltaje.

5.12.- Obra eléctrica [5]

5.12.1- Iluminación interior y tomacorrientes

Se dispondrá los siguientes criterios para las cámaras eléctricas, los cuales deberán ser considerados; dichos criterios se presentan a continuación:

- La cámara eléctrica dispondrá de un circuito de fuerza con tomacorrientes de 220 V. 20 A. y 110 V. 20 A.
- Además contará también de un circuito de iluminación, el cual estará protegido por un interruptor automático termo magnético que estará instalado en el tablero o panel de distribución.
- En el interior de la cámara se instalará un mínimo de dos puntos de luz capaces de proporcionar un nivel de iluminación suficiente para la comprobación y maniobra de los elementos del mismo.
- El nivel medio será como mínimo de 270 lux. Según Norma NEC 924-5.
- Los focos luminosos estarán colocados sobre soportes rígidos y dispuestos de tal forma que se mantenga la máxima uniformidad posible en la iluminación.
- Los puntos de luz deben estar ubicados en la losa fija o paredes, no se colocarán en losas móviles debido a que si estas se requieren retirar, los puntos de iluminación permanecerán en su sitio.
- Se debe disponer de un punto de luz de emergencia de carácter autónomo, que tenga como mínimo hora de duración, con la finalidad de señalar los accesos al centro de transformación.
- Las instalaciones eléctricas de la cámara deberán colocarse en tubería metálica EMT o rígida, empotradas o sobrepuestas en las paredes y losas fijas.

5.12.2.- Sistema de puesta a tierra:

Las partes metálicas de la cámara eléctrica que no transporten corriente se conectarán a tierra en las condiciones y en la forma prevista en la sección 250 de la norma NEC.

“La malla de puesta a tierra se debe construir antes de fundir el piso destinado a la cámara. Esta será construida con cable desnudo de cobre suave № 2/0 AWG. Se deberán utilizar soldadura exotérmica. A la malla de tierra se deberán instalar varilla de acero recubierta de cobre de 2,40 m por 5/8” de diámetro. El número de varillas dependerá de la resistividad del terreno y de la resistencia de la malla a tierra. La resistencia de la malla de puesta a tierra medida de la cámara debe ser menor o igual a 5 ohmios”.

En el punto de conexión del conductor de puesta a tierra a la malla se deben dejar cajas de inspección o pozos de inspección de libre acceso, donde se pueda medir, revisar y mantener la resistencia de la malla. Esta caja o pozo de inspección será un cuadrado o un círculo de mínimo 30 cm de lado o 30 cm de diámetro, esto se construirá donde el nivel freático lo permita.

Si la cámara está construida sobre un piso alto, debe existir una malla o anillo perimetral que garantice una superficie equipotencial, instalando las varillas

fuera del local, en un sitio donde se garantice una buena puesta a tierra, conectando la malla y las varillas mediante conductor de puesta a tierra a través de ducto independiente.

Los elementos que se deben conectar a tierra en una cámara son los siguientes:

- La pantalla metálica de los cables de Medio Voltaje.
- Los herrajes de soporte de los cables.
- Las celdas e interruptores de Medio Voltaje.
- El tanque y neutro del transformador.
- Los tableros de Bajo Voltaje.
- Equipos de medición.
- Puertas metálicas
- Ventanas
- Rejillas
- Escaleras

5.13.- Conectores aislados separables [5]

Son medios que facilitan la conexión o desconexión de terminales en los transformadores, acometidas y en lugares que sean requeridos para realizar una unión eléctrica en redes soterradas.

Estos conectores están referidos a las normas homologadas por la MEER en las unidades de propiedad, existiendo para diferentes clases de voltaje.

5.13.1.- Boquilla tipo pozo

Este tipo de elemento tiene la función de servir de enlace entre el bobinado primario del transformador o el terminal del equipo en el que se encuentre instalado (interruptor, celdas o barrajes desconectables) y la boquilla tipo inserto.



Ilustración 5.27. Boquilla tipo pozo

Fuente: Unidades de propiedad

5.13.2.- Boquilla tipo inserto

Sirve para operación bajo carga y cumple con la especificación ANSI correspondiente a la compatibilidad de la interface para el acoplamiento de las boquillas tipo pozo y conectores tipo codo.



Ilustración 5.28. Boquilla tipo inserto

Fuente: Unidades de propiedad

5.13.3.- Conector tipo inserto doble

Se utiliza para convertir los transformadores radiales en anillo o añadir un descargador o pararrayos tipo codo y cumple con la especificación ANSI correspondiente a la compatibilidad de la interface para el acoplamiento de las boquillas tipo pozo y conectores tipo codo.



Ilustración 5.29. Boquilla tipo inserto doble

Fuente: Unidades de propiedad

5.13.4.- Conector tipo codo

Estos elementos se utilizan para realizar la integración del cable al sistema de conectores aislados separables, de esta forma hacen posible la interconexión de los cables al equipo (transformador, interruptor, celdas y barras).

Estos codos brindan la configuración de frente muerto que elimina las partes vivas y por lo tanto evita el riesgo de contacto accidental. Además deben estar en la capacidad de brindar blindaje en casos de una inundación de las cámaras, estos deben ser completamente sumergibles.

Aplicaciones: Especificados para transformadores tipo pedestal, frente muerto, interruptores, celdas, barras desconectables y otras aplicaciones, los codos de conexión poseen un sistema de elementos intercambiables con los cuales se pueden hacer conexiones y desconexiones en el sistema de manera muy rápida y sencilla.

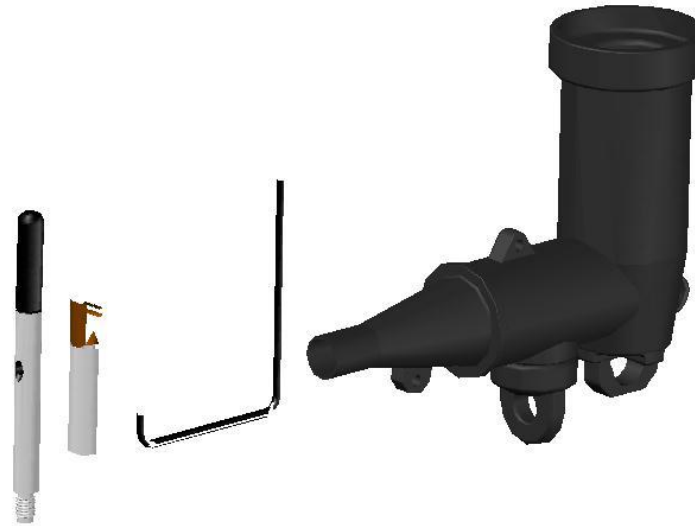


Ilustración 5.30. Conector tipo codo

Fuente: Unidades de propiedad

5.13.5.- Conector tipo T

Es un conector separable con configuración en T apantallado, cuyo cuerpo principal es un premoldeado de fabricación por inyección.

Debido a su diseño, no se recomienda su uso en sistemas donde se requieren frecuentes operaciones de conexión y desconexión. Los conectores poseen completo blindaje, frente muerto y son completamente sumergibles. Su parte posterior puede quedar aislada o dispuesta para que en ella pueda ser insertado un nuevo conector separable.

Los codos tipo “T” están disponibles en capacidades de 600-900 A, para operación sin carga.



Ilustración 5.31. Conector tipo T

Fuente: Unidades de propiedad

5.13.6.- Codo portafusible

Los codos portafusible se utilizan para operación bajo carga, combinan una terminación conectable totalmente sellada con la protección de un fusible limitador de corriente.

El codo portafusible de operación con carga proporciona medios convenientes, para adicionar la protección de los fusibles a los sistemas de distribución subterránea, y conectar cables subterráneos a transformadores, gabinetes de seccionamiento y barrajes desconectables equipadas con boquillas para operación con carga de 200 A, clase de 15 y 25 kV.

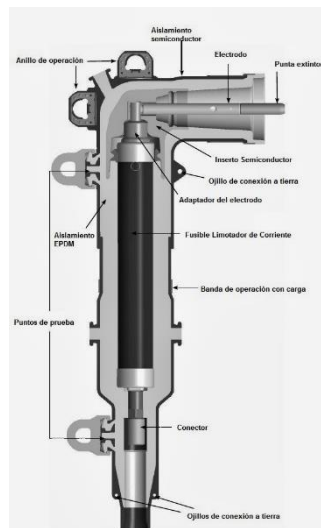


Ilustración 5.32. Conector tipo T

Fuente: Unidades de propiedad

5.13.7.- Barrajes desconectables

Son equipos diseñados para seccionar circuitos y hacer derivaciones en redes subterráneas de medio voltaje.

También usados en cámaras eléctricas o pozos de derivación de redes subterráneas donde se requiere seccionar, establecer anillos y derivaciones, facilitando el mantenimiento y cambio de elementos en los circuitos.

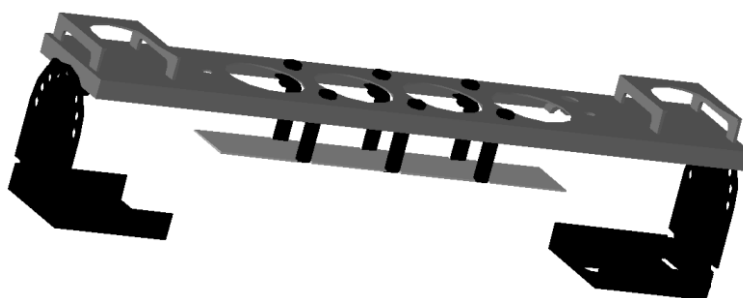


Ilustración 5.33. Barrajes desconectables

Fuente: Unidades de propiedad

5.13.8.- Barrajes sumergibles

Estos equipos diseñados para hacer distribución, acometida, iluminación, nodos para conexiones eléctricas en redes subterráneas de bajo voltaje, deberán tener un sello hermético, deben de ser aptas en el uso en interiores como expuestas al medio ambiente.

El empalme sus componentes y accesorios deberán ser física y eléctricamente compatibles con los componentes del cable.



Ilustración 5.34. Barrajes sumergibles para BV

Fuente: globalelectric.com

Tabla 5.19. Barrajes sumergibles para BV (Comercializados Ecuador)

Fuente: *globalelectric.com.ec*

Número de entradas	Rango de aplicación
3 4 6	350 kcmil - № 12 AWG
3 4 6 8 10 12	600 kcmil - № 12 AWG

Tabla 5.20. Barrajes sumergibles para BV (Comercializados Colombia)

Fuente: *interelectricas.com.co*

Número de entradas	Rango de aplicación
4 6 8	350 kcmil - № 14 AWG
4 6 8	500 kcmil - № 6 AWG

5.13.9.- Descargador o pararrayos tipo codo

Son diseñados para protección contra sobrevoltaje a los equipos y los cables, alargando su vida útil, en general protegen a los circuitos de redes subterráneas.



Ilustración 5.35. Descargadores o pararrayos tipo codo

Fuente: *Unidades de propiedad*

5.14.- Empalmes [5]

Todos los empalmes estarán basados en los especificados en la homologación del MEER y seguirán las características establecidas por la norma ANSI C119.1-2011¹⁸ para Bajo Voltaje y la ANSI C119.4-2011¹⁹ para Medio Voltaje.

5.14.1.- Empalmes de medio voltaje

Son utilizados para unir los conductores aislados de medio voltaje, con la finalidad de reconstruir los aislamientos comprometidos y que fueron removidos para realizar las extensiones.

Estos empalmes deben proveer protección contra la humedad; también tendrán una cubierta capaz de mantener la superficie exterior del empalme a potencial cero.

Entre los empalmes especificados por el MEER, se pueden considerar los siguientes tipos: termocontraíble, contraíble en frío y premoldeado.

Los empalmes deberán poseer una etiqueta con la siguiente información:

- Nombre del fabricante o logotipo
- Identificación de las partes
- Fecha de fabricación
- Voltaje nominal máximo
- Nivel del diámetro sobre el aislamiento del cable.

La capacidad de corriente del empalme deberá ser mayor que la capacidad de corriente del cable a empalmar.

5.14.2.- Empalmes de bajo voltaje

Sirven para acometidas domiciliarias, extensiones de las redes, entre otras; proporcionan la protección contra la humedad sobre el área empalmada.

Entre los más utilizados se pueden mencionar los tipo recto, derivación y acometida, cada uno de estos llenados de resina, gel o simplemente contraíble en frío.

Estos empalmes se los puede clasificar de la siguiente manera:

¹⁸ American National Standard for Electric Connectors ANSI C119.1-2011 Sealed Insulated Underground Connector Systems Rated 600 Volts.

¹⁹ American National Standard for Electric Connectors ANSI C119.4-2011 Connectors for Use Between Aluminum-to-Aluminum and Aluminum-to-Copper Conductors Designed for Normal Operation at or Below 93°C and Copper-to-Copper Conductors Designed for Normal Operation at or Below 100°C.



- Empalme tipo recto se les utiliza autocontraible, gel o resina.
- Empalme tipo derivación se le puede utilizar con material gel o resina.
- Empalme tipo acometidas se utilizan de gel o resina.

Todos los cables deberán indicarse con una etiqueta para identificar las características:

- Nombre del fabricante
- Marca comercial
- Número del catálogo
- Calibre del conductor.

La capacidad de corriente del empalme deberá ser mayor que la capacidad de corriente del cable a empalmar.

5.15.- Cables [5]

5.15.1.- Para red de Medio Voltaje (MV)

Según la homologación por parte del MEER en el sistema de distribución subterráneo para medio voltaje, se utilizarán cables monopolares con conductor de cobre aislados (100% y 133% de nivel de aislamiento) con polietileno reticulado termoestable (XLPE) o polietileno reticulado retardante a la arborescencia (TRXLPE) para voltajes de 15 kV, 25 kV y 35 kV.

Niveles de Aislamiento:

- **Nivel de 100%.** - Los cables de esta categoría deben utilizarse en sistemas con neutro sólidamente conectado a tierra y provistos con dispositivos de protección tales que las fallas a tierra se eliminen tan pronto como sea posible, pero en cualquier caso antes de 1 min. También pueden utilizarse en otros sistemas para los cuales sean aceptables, siempre y cuando se cumpla con los requisitos del párrafo anterior.

Tabla 5.21. Características cables para red de MV

Fuente: Unidades de propiedad

Características principales	
Conductor	Cobre suave
Forma del Conductor	Cableado concéntrico
Tipo de Aislamiento	Polietileno Reticulado XLPE o TRXLPE
Pantalla sobre el aislamiento	Semiconductor de polietileno reticulado removible o de alta adherencia
Tipo de pantalla electrostática	Cinta metálica o alambre de cobre
Chaqueta	Material termoplástica PVC (Color rojo)

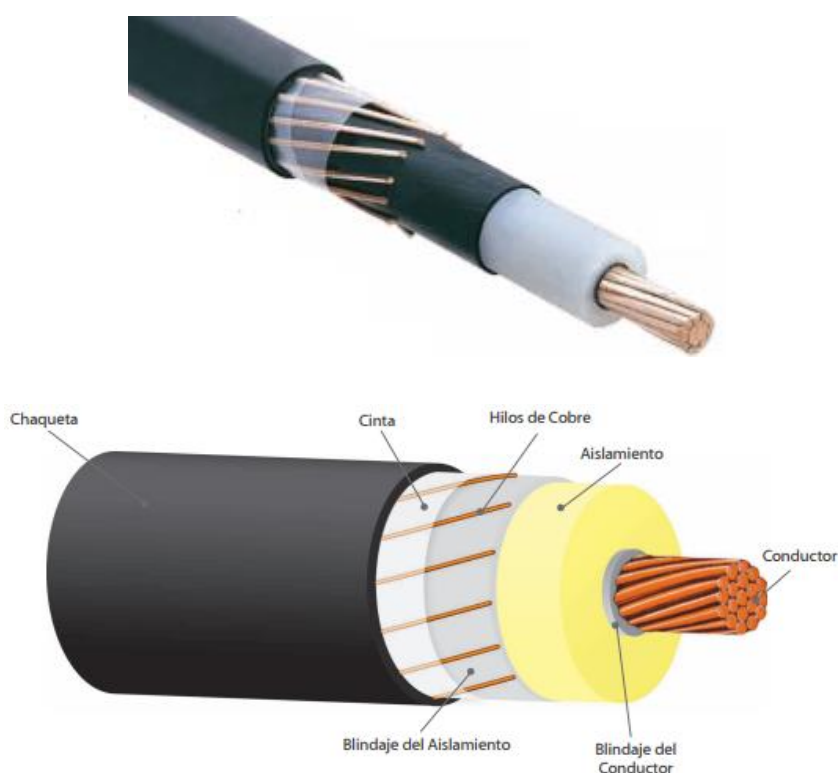


Ilustración 5.36. Cable para MV

Fuente: centelsa.com.co

Nivel de 133%. - Los cables de esta categoría corresponden a los anteriormente indicados, pero para sistemas con neutro aislado. Estos cables pueden ser utilizados en los casos en que no puedan cumplirse los requisitos de eliminación de falla de la categoría I (100 % nivel de aislamiento), pero en los que exista una seguridad razonable de que la sección que presenta la falla se desenergiza en un tiempo no mayor que una hora.

Además, se pueden usar cuando es deseable un aislamiento adicional superior a la categoría del nivel del 100%.

5.15.2.- Para red de Bajo Voltaje (BV)

Para red secundaria subterránea se utilizan cables con conductor de cobre TTU, aislamiento de 600 V con material termoplástico polietileno (PE) y chaqueta de policloruro de vinilo (PVC) resistente a la humedad.

Tabla 5.22. Características cables para red de BV

Fuente: Unidades de propiedad

Características principales	
Conductor	Cobre suave
Tipo de Aislamiento	Termoplástico Polietileno (PE)
Chaqueta	Policloruro de vinilo (PVC)



Ilustración 5.37. Cable para BV

Fuente: Electrocable.com

5.16.- Acometidas domiciliarias [5]

Las acometidas domiciliarias deberán cumplir con el diseño establecido en el capítulo III de este trabajo, con la singularidad de que éstas saldrán del pozo de red de bajo voltaje más cercano a la vivienda. Se utilizará cable tipo TTU de calibre mínimo № 6 AWG para las fases y el neutro, el mismo que llegará al tablero de medición que estará ubicado en la fachada del inmueble.

Para la protección de los cables se podrán utilizar los siguientes elementos con diámetro mínimo de 2”:

- Tubería PVC
- Tubo rígido de acero metálico.
- Tubería de polietileno de alta densidad flexible.

En los casos en donde no se pueda empotrar la tubería en la fachada de la vivienda, se colocará tubería rígida desde el pozo de revisión.



Si de un pozo sale más de una acometida domiciliaria, se instalará un barraje aislado de Bajo Voltaje el cual se alimentará desde la red principal y de este se derivarán las mismas.

Para la derivación desde el cable principal de Bajo Voltaje hacia la barra aislada o al medidor (en caso de una acometida) se utilizarán empalmes de resina o gel con sus respectivos conectores de compresión de cobre.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Este trabajo propone un modelo para la revisión de diseños eléctricos válido para la EERCSCA con alcance de las instalaciones eléctricas internas domiciliarias, sistemas de distribución eléctrica aérea y subterránea. Para ello se ha realizado una recopilación de información de normativas vigentes en el país como criterios por parte de los técnicos de la EERCSCA.

Las instalaciones eléctricas internas en el Ecuador deben ser seguras y confiables para los usuarios, por este motivo el presente trabajo busca unificar los diferentes conocimientos, normativas y homologaciones, que garanticen el correcto dimensionamiento de dichas instalaciones, evitando así fallas eléctricas perjudiciales para los usuarios.

La Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A., requiere por parte de los diseños presentados el cumplimiento de criterios y normativas que garanticen a la empresa un seguro emplazamiento a la red de energía eléctrica, cumplimiento de los límites de voltaje y calidad de servicio técnico.

El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) es el encargado de homologar los diferentes criterios de diseño en el país garantizando un óptimo desarrollo de las redes eléctricas, basándose en normativas y regulaciones aplicables a nuestro entorno.



RECOMENDACIONES

En complemento a este proyecto se pretende poner a consideración las actualizaciones de normativas y reglamentos por parte de las entidades encargadas, las cuales tienen por objeto garantizar el uso eficaz de la energía eléctrica en el territorio ecuatoriano.

Se recomienda utilizar esta guía para realizar el análisis de diseños eléctricos, ya sean de instalaciones eléctricas en interiores de edificaciones como redes de distribución aérea y subterránea, mejorando así la confiabilidad entre el usuario y la instalación, garantizando seguridad y estabilidad.

Se plantea a los profesionales relacionado con este tema profundizar en el diseño de las instalaciones eléctricas internas familiarizarse con la nomenclatura y simbología a usar en los diseños presentados en Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A., así como el correcto uso de los métodos para realizar los cálculos de caídas de voltaje, la determinación de las nuevas demandas y los criterios referentes a los modelos de estratificación proporcionados en el portal web de la empresa.

Con los criterios presentados en el análisis de las redes subterráneas, respecto al montaje de los transformadores padmounted, se conversó y se propuso la posibilidad de un nuevo modelo para el emplazamiento del transformador; este se considera con un socavado para permitir mayor libertad a los cables desde y hacia el transformador; el cual se podría realizar sin la necesidad de una zanja de recolección de aceite, pero este transformador debería de tener un desfogue con una inclinación, para transportar el aceite a un pozo adjunto al transformador como se muestra en el anexo N: *“Modelo de transformador padmounted sin zanja de recolección de aceite”*.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Real Academia Española, “Diccionario de la Lengua Española”, [ONLINE].
Available:
<http://www.rae.es/?w=diccionario>.
- [2] Función Ejecutiva de la República del Ecuador, “Código Orgánico de Organización Territorial, COOTAD”, Presidencia de la Republica, 2013.
- [3] EERCSCA., “Normas para Diseños de Redes de Distribución Eléctrica”, EERCSCA, 2015.
- [4] Ing. Hugo del Pozo Berrezueta, “Ley Orgánica Del Servicio Público de Energía Eléctrica”, Asamblea Nacional Constituyente, Registro oficial N.- 418, 2015.
- [5] Comisión de Homologación de las Unidades de Propiedad, “Homologación de las Unidades de Propiedad (UP) y Unidades de Construcción (UC) del Sistema de Distribución Eléctrica”, [ONLINE], Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.
Available:
<http://www.unidadesdepropiedad.com/www.unidadesdepropiedad.com>
- [6] Mosquera Pablo, Padilla Edison, “Guía para la Presentación de Diseños Eléctricos Interiores”, EERCSCA., Ing. Fernando Durán, Simbología, 2015.
- [7] RETIE, “Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas”, resolución 90708, 2013.
- [8] Mentor Poveda, MSEE, “Estudio de la Carga”, MPA,
- [9] EERCSCA., “Memorándum DIDIS-2001-000014”, EERCSCA., 2001
- [10] National Electrical Code, “Código de Practica Ecuatoriano CPE INEN 19:2001”, Instituto Ecuatoriano de Normalización, primera edición, 2014.
- [11] Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, “Acuerdo Ministerial Nro.-0049”, Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2014.
- [12] Schneider, “Tableros de Distribución Eléctrica tipo Panel”, Schneider Electric, 2009.
- [13] M. A. Cacedo G., A. J. Torres P., P. E. Galvis N., “Normas para el Diseño y Construcción de Redes de Distribución”, Centrales Eléctricas del Norte de Santander S.A.E.S.P., Tomo II, 2008.
- [14] Pedro A. Cediél. “Coordinación de Protecciones BT”, Schneider Electric, 2009.
- [15] Juan Morales, Santiago Cabrera, Edgar Chérrez, “Cajas Metálicas Normalizadas”, DICO-EERCSCA., 2012.



- [16] Agencia de Regulación y Control de Electricidad, “Regulación Nro. ARCONEL 001/15”, ARCONEL, 2015.
- [17] Ing. Arturo Xavier Gutiérrez, “Memorándum N.- DICO-2016-1006”, EERCSCA., 2016.
- [18] Ing. José G. Vázquez, “Características del Medidor de acuerdo al tipo de Transformador”, EERCSCA., 2017.
- [19] Westinghouse, “Distribution Systems”. Westinghouse Electric Corporation, 1965.
- [20] EERCSCA., “Cálculo de los Factores de Caída de Tensión en la Redes Eléctricas de Media y Baja Tensión de la CENTROSUR”, EERCSCA., 2017.
- [21] CONELEC, “Regulación Nro. - CONELEC 002/10”, CONELEC, 2010.
- [22] EERCSCA., “Información/ Normativas/ Revisión”, [ONLINE].
Available:
<http://www.centrosur.gob.ec/?q=revisión>
- [23] EERCSCA., “Dico91 - Procedimientos para el trámite de aprobación de diseños de instalaciones eléctricas interiores, para cargas instaladas menores a 10 kW, presentados por ingenieros eléctricos.”, EERCSCA., 2015.
- [24] Comité Ejecutivo Nacional de Nacionalización de Instalaciones Eléctricas, "Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (Utilización)", Secretaría de Energía, México, 2012.
- [25] CONELEC, “Regulación Nro. - CONELEC 005/14”, CONELEC, 2014.
- [26] ARCONEL, “Regulación No - ARCONEL 001/15”, ARCONEL, 2015.
- [27] Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., "Guía de Diseños parte II: Instalaciones Eléctricas Interiores", Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., 2011.



ANEXOS

Anexo A. Área de concesión de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A.
– EERCSCA.

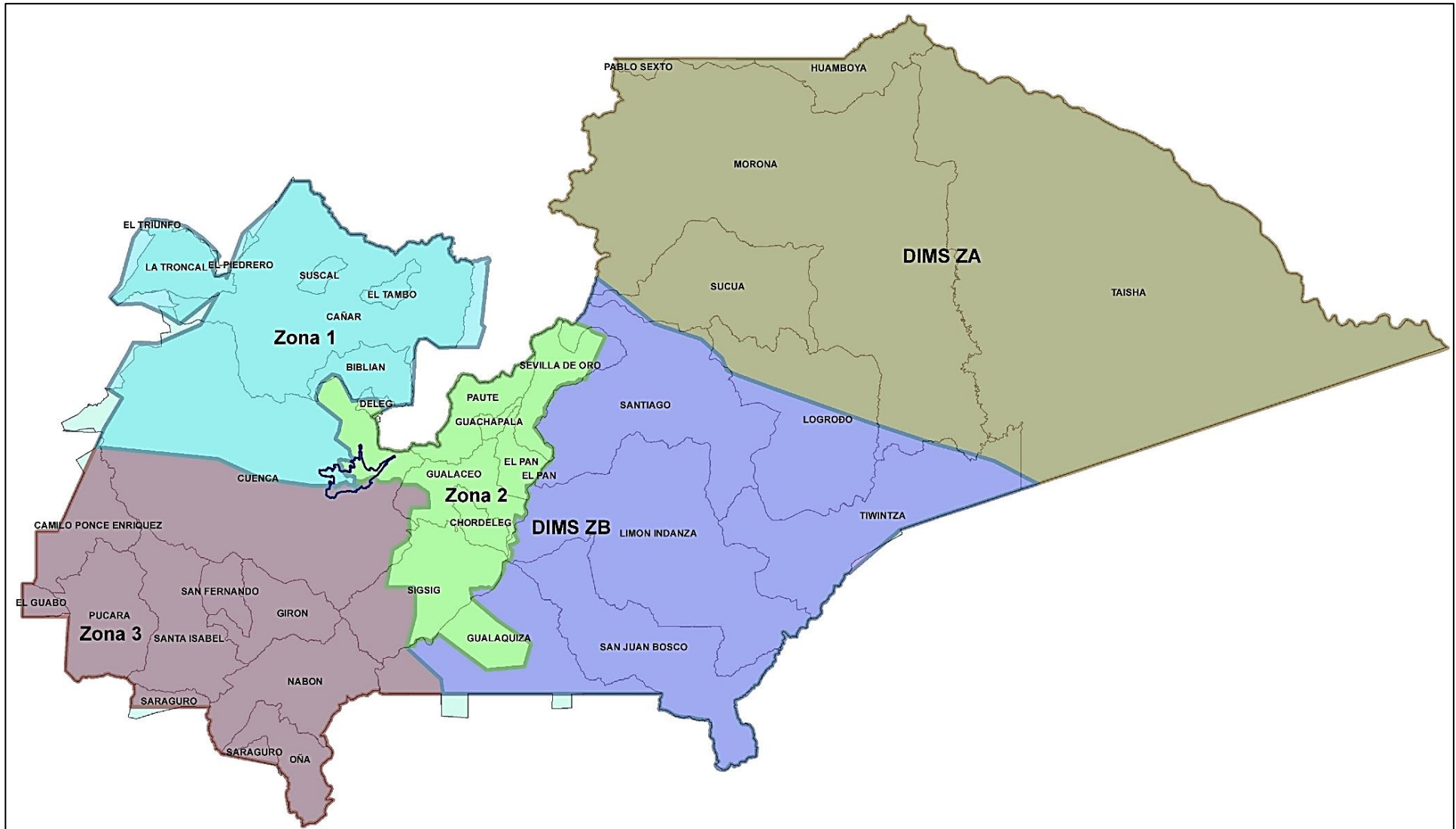


Ilustración A.1. Área de concesión de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A.

Fuente: EERCSCA

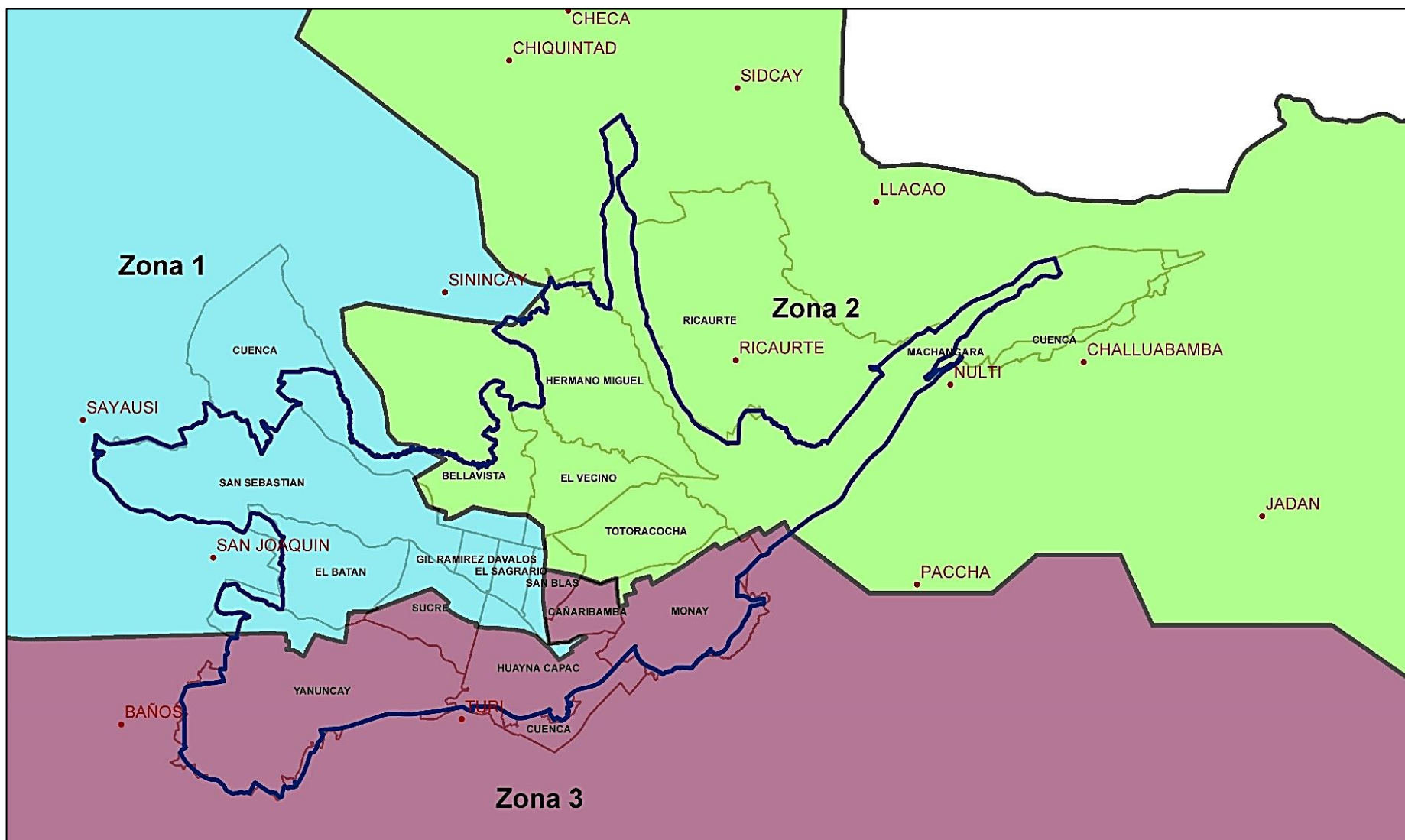


Ilustración A.2. División de áreas de concesión en el cantón Cuenca
 Fuente: EERCSCA

Anexo B. Simbología según la norma IEC 60617.

Tabla B.1. Simbología

Fuente: Norma IEC 60617


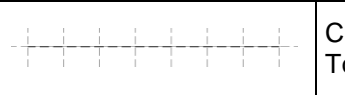
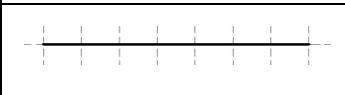
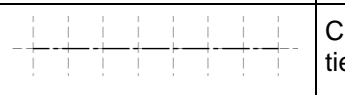





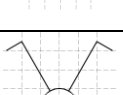
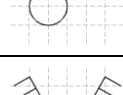

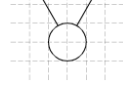

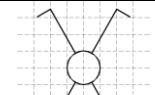
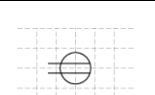

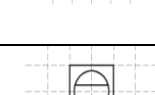

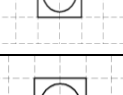
Símbolo	Denominación	Símbolo	Denominación
	Circuito de Iluminación (grosor de la línea 0.5)		Circuito de Tomacorrientes (0.5)
	Circuito de Tomas Especiales (0.7)		Circuito de Puesta a tierra
	Luminaria Incandescente		Interruptor simple, símbolo general
	Interruptor simple con luz piloto		Interruptor doble
	Interruptor triple		Conmutador simple
	Conmutador doble		Interruptor simple de 2 vías
	Conmutador intermedio		Tomacorriente doble monofásico
	Tomacorriente doble monofásico con puesta a tierra		Tomacorriente doble monofásico de piso
	Tomacorriente trifásico		Tomacorriente trifásico de piso
	Tomacorriente (telecomunicaciones) TP = teléfono FX = telefax M = micrófono FM = modulación de frecuencia TV = televisión TX = telex AP = altoparlante		Medidor de Factor de Potencia

Tabla B.2. Simbología

Fuente: Norma IEC 60617









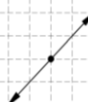
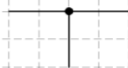




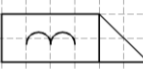

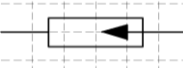
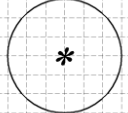






	Reloj		Amperímetro
	Vatímetro		Voltímetro
	Tablero de distribución principal		Tablero de distribución secundario
	Alimentaciones conductoras hacia arriba		Alimentaciones conductoras hacia abajo
	Alimentaciones conductoras hacia arriba y hacia abajo		Símbolo de empalme
	Luminaria fluorescente simple		Luminaria fluorescente triple
	Proyector		Luminaria de alumbrado de emergencia
	Cerradura eléctrica		Fusible
	Pararrayos		El asterisco puede ser reemplazado por: M para motor, G para generador, C Convertidor rotativo, GS Generador Síncrono, MG Máquina que puede utilizarse como motor o generador, MS.. .Motor Síncrono etc.
	Contador de Energía		Sirena
	Campana		Zumbador
	Condensador		Pulsante

Tabla B.3. Simbología

Fuente: Norma IEC 60617

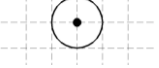
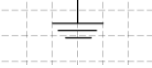
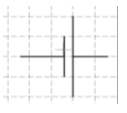
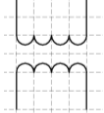
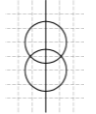

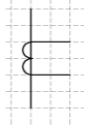
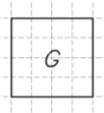
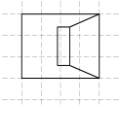
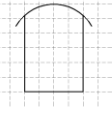
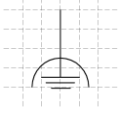
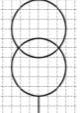
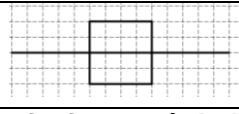
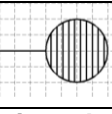
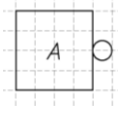
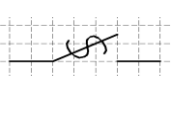
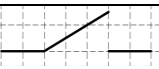
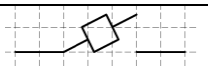
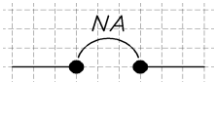
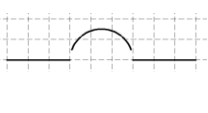
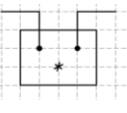
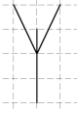





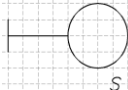
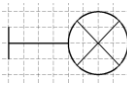


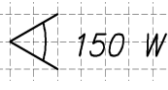

	Caja de Conexión		Conexión de Puesta a tierra
	Batería		Transformador de medida, voltaje modelo 1
	Transformador de medida, voltaje, modelo 2		Transformador de medida, corriente, modelo 1
	Transformador de medida, corriente, modelo 2		Generador de potencia no giratorio
	Parlante		Cabina de instalación. Se puede especificar tipo de instalación e instrumentos que se encuentran dentro
	Puesta a tierra sin ruido		Transformador en general
	Línea pasante a través de una cámara de acceso		Calentador de Agua (Ducha)
Los siguientes símbolos nos pertenecen a la Norma IEC, sin embargo, se representan en base a los requerimientos de dimensión de la misma. Estos símbolos vienen siendo utilizados por la Centrosur.			
	Alarma		Interruptor portafusible
	Interruptor tipo cuchilla		Interruptor tipo cartucho
	Interruptor termomagnético con indicación de capacidad de corriente		Interruptor termomagnético
	Registrador, símbolo general. El * se puede reemplazar por la letra V voltaje, A corriente.		Antena

Tabla B.4. Simbología

Fuente: Norma IEC 60617

	Tuberías que se cruzan		Circuito de distribución interna, CDI número "n"
	Célula fotoeléctrica		Regulador de voltaje
	Pozo de revisión		Aplicue de pared
	Aplicue de pared con interruptor incorporado		Lámpara ornamental
	Aplicue de pared fluorescente		Lámpara reflector de 150 W
	Salida Especial		

Anexo C. Norma Técnica Ecuatoriana INEN – ISO 3864-1:2013.

Diseño señales de seguridad

6 Diseño para señales de seguridad

6.1 General

Los colores de seguridad, colores de contraste y figuras geométricas (ver cláusula 5) deberán ser usados solamente en las siguientes combinaciones para obtener los cinco tipos de señales de seguridad (ver figuras 1 a 5).

Nota: las plantillas de diseño para señales de seguridad de la norma ISO 7010, están disponibles en el sitio web de ISO/TC 145/SC 2.

6.2 Señales de prohibición

Las señales de prohibición deberán cumplir con los requerimientos de diseño presentados en la figura 1. La línea central de la barra diagonal deberá pasar por el punto central de la señal de prohibición y deberá cubrir el símbolo gráfico.

(Continúa)

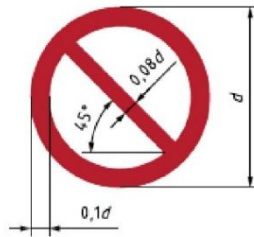
Ilustración C.1. Señales de seguridad

Fuente: INEN – ISO 3864-1:2013

NTE INEN-ISO 3864-1

2013-05

FIGURA 1 — Requerimientos de diseño para una señal de prohibición



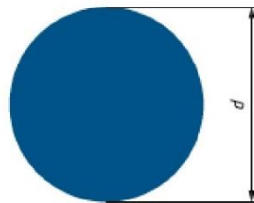
Los colores de la señal deberán ser:

Color de fondo:	blanco
Banda circular y barra diagonal:	rojas
Símbolo gráfico:	negro

6.3 Señales de acción obligatoria

Las señales de acción obligatoria deberán cumplir con los requerimientos de diseño presentados en la figura 2.

FIGURA 2 — Requerimientos de diseño para una señal de acción obligatoria



Los colores de la señal deberán ser:

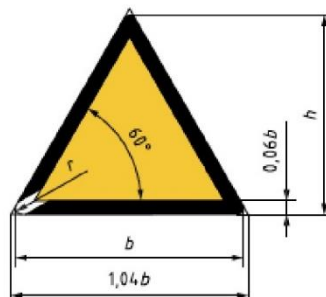
Color de fondo:	azul
Símbolo gráfico:	blanco

El color de seguridad azul deberá cubrir por lo menos el 50% del área de la señal.

6.4 Señales de precaución

Las señales de precaución deberán cumplir con los requerimientos de diseño presentados en la figura 3.

FIGURA 3 — Requerimientos de diseño para una señal de precaución



(Continúa)

-3-

2013-271

Ilustración C.2. Señales de seguridad

Fuente: INEN – ISO 3864-1:2013

NTE INEN-ISO 3864-1

2013-05

Si $b = 70$ mm, entonces $r = 2$ mm.
Los colores de la señal deberán ser:

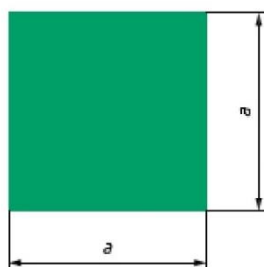
Color de fondo: amarillo
Banda triangular: negra
Símbolo gráfico: negro

El color de seguridad amarillo deberá cubrir por lo menos el 50% del área de la señal.

6.5 Señales de condición segura

Las señales condición segura deberán cumplir con los requerimientos de diseño presentados en la figura 4.

FIGURA 4 — Requerimientos de diseño para una señal de condición segura



Los colores de la señal deberán ser:

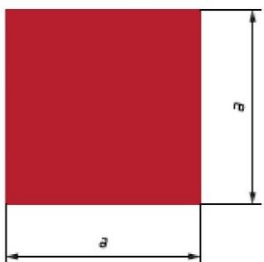
Color de fondo: verde
Símbolo gráfico: blanco

El color de seguridad verde deberá cubrir por lo menos el 50% del área de la señal.

6.6 Señales de equipo contra incendios

Las señales de equipo contra incendios deberán cumplir con los requerimientos de diseño presentados en la figura 5.

FIGURA 5 — Requerimientos de diseño para una señal de equipo contra incendios



Los colores de la señal deberán ser:

Color de fondo: rojo
Símbolo gráfico: blanco

El color de seguridad rojo deberá cubrir por lo menos el 50% del área de la señal.

(Continúa)

Ilustración C.3. Señales de seguridad

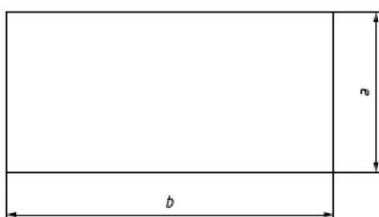
Fuente: INEN – ISO 3864-1:2013

7 Diseño para señales complementarias

La información complementaria de seguridad, como texto y/o en la forma de un símbolo gráfico, puede ser usada para describir, complementar o aclarar el significado de una señal de seguridad. La información de seguridad complementaria deberá ser colocada en una señal complementaria separada o como parte de una señal combinada (ver cláusula 8) o una señal múltiple (ver cláusula 9).

Las señales complementarias deberán cumplir con los requisitos de diseño presentados en la figura 6.

FIGURA 6 — Requerimientos de diseño para una señal complementaria



Los colores de la señal deberán ser:

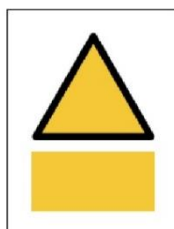
Color de fondo: blanco o el color de seguridad de la señal de seguridad

Las señales de seguridad pueden ser colocadas arriba, abajo, o a la izquierda o derecha de una señal de seguridad; ver figura 7.

8 Diseño para señales combinadas

Ejemplos de diseño para una señal combinada se presentan en la figuras 8 y 9.

FIGURA 8 — Diseño para una señal combinada con una señal complementaria debajo de una señal de seguridad



Los colores de la señal deberán ser:

Color de la señal portadora: el color de seguridad de la señal de seguridad o blanco

FIGURA 9 — Diseño para una señal combinada con una señal complementaria a la derecha una señal de seguridad.



(Continúa)

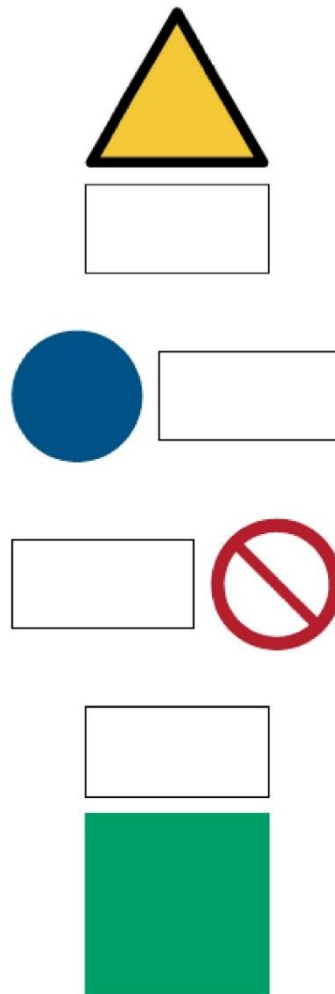
NTE INEN-ISO 3864-1

2013-05

Los colores de la señal deberán ser:

Color de la señal portadora: el color de seguridad de la señal de seguridad o blanco

FIGURA 9.1 — Ejemplos de asignación de ubicación de una señal complementaria



9 Diseño para señales múltiples

Las señales múltiples son un medio para comunicar mensajes complejos de seguridad. Ejemplos de diseños para una señal múltiple utilizada para comunicar una precaución, una acción obligatoria y una prohibición, se presentan en las figuras 10 y 11.

El orden de las señales de seguridad (y cualquier señal complementaria correspondiente) se debe mostrar de acuerdo con el orden de prioridad que se elija para cada uno de los mensajes de seguridad.

(Continúa)

-6-

2013-271

Ilustración C.5. Señales de seguridad

Fuente: INEN – ISO 3864-1:2013

NTE INEN-ISO 3864-1

2013-05

FIGURA 10 — Ejemplo de un diseño vertical para una señal múltiple

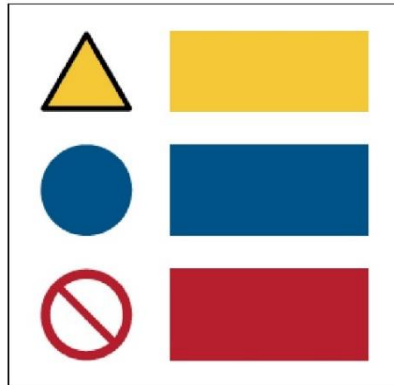
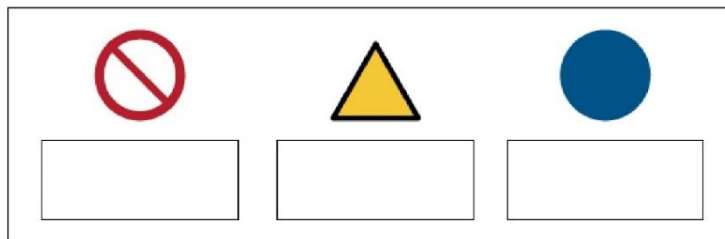


FIGURA 11 — Ejemplo de un diseño horizontal para una señal múltiple



10 Principios de diseño para símbolos gráficos

Los símbolos gráficos usados en las señales de seguridad, deben estar diseñados de acuerdo a los principios que constan en la norma ISO 3864-3.

11 Disposiciones para indicaciones de seguridad

Para el diseño y significado de las indicaciones de seguridad, ver tabla 3. Las bandas son de un mismo grosor, inclinadas en un ángulo de 45°.

(Continúa)

TABLA 3 – Diseño y significado de indicaciones de seguridad

DISEÑO	COMBINACIÓN DE COLORES	SIGNIFICADO/USO	
	amarillo y contraste negro	lugares de peligro y obstáculos donde existe el riesgo de - que la gente se golpee, se caiga o tropiece - que caigan cargas	alertar de peligros potenciales
	rojo y contraste blanco		prohibir la entrada
	azul y contraste blanco	indicar una instrucción obligatoria	
	verde y contraste blanco	indicar una condición segura	

Anexo D. Diagrama unifilar con el detalle característico de cada circuito

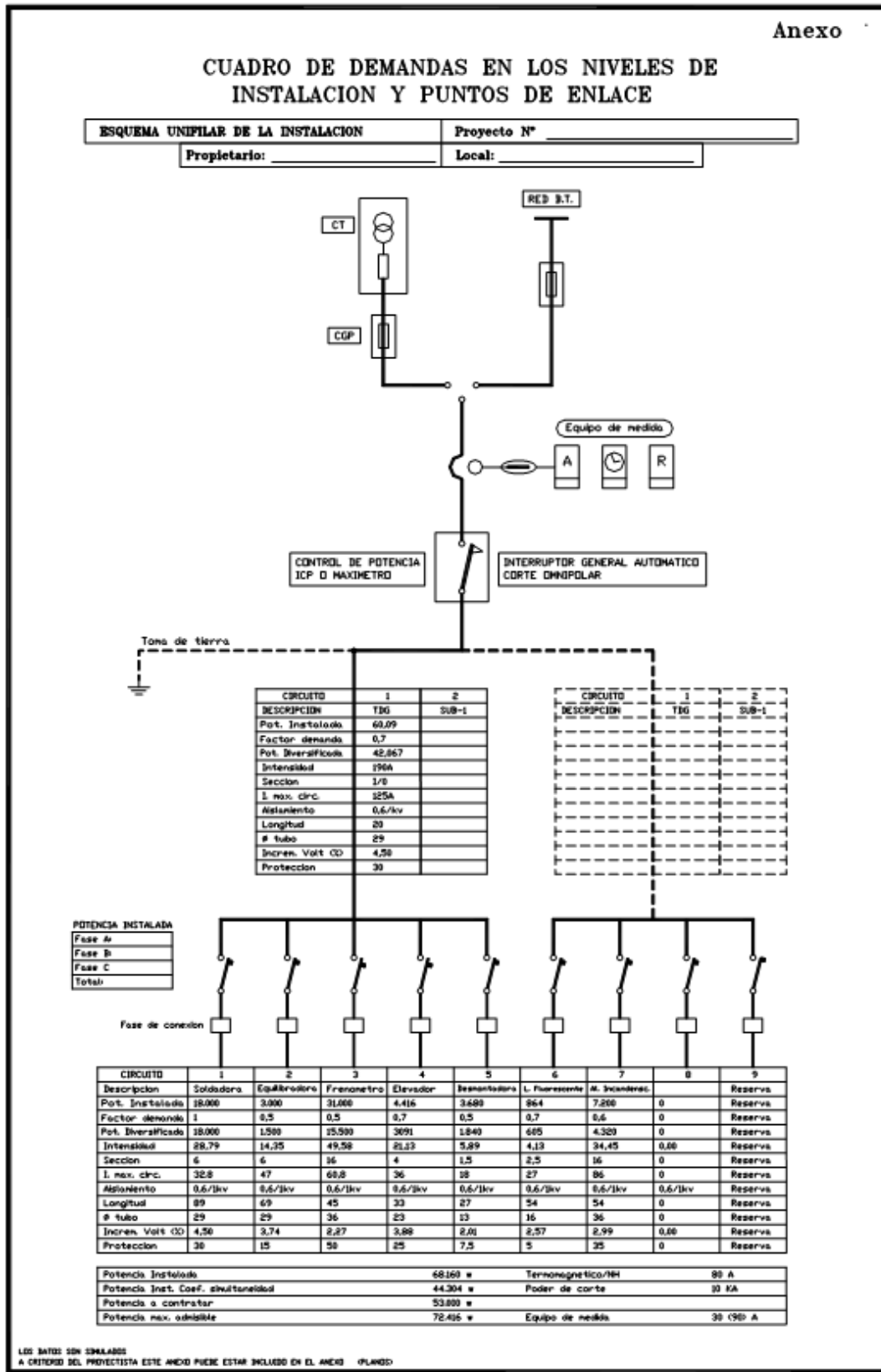


Ilustración D.1. Representación del diagrama unifilar

Fuente: EERCSCA



Anexo E. Formato de observaciones


	REVISIÓN DE ESTUDIOS PARTICULARES	CODIGO: R.DIDIS.														
<p>CARPETA <input style="width: 150px;" type="text"/> ALIMENTADOR: <input style="width: 50px;" type="text"/></p> <p>DISEÑADOR <input style="width: 480px;" type="text"/></p> <p>PROPIETARIO <input style="width: 480px;" type="text"/></p> <p>UBICACIÓN <input style="width: 480px;" type="text"/></p> <p>FECHA REVISIÓN CAMPO: <input style="width: 330px;" type="text"/></p> <p>DOCUMENTOS HABILITANTES:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 70%;"><input style="width: 310px;" type="text"/> Plano anteproyecto</td> <td style="width: 30%; text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input style="width: 310px;" type="text"/> Licencia Urbanística/Permiso funcionamiento</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input style="width: 310px;" type="text"/> Planos Instalaciones</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input style="width: 310px;" type="text"/> Emplazamiento de redes y trafo mas cercano</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input style="width: 310px;" type="text"/> Diagrama unifilar</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input style="width: 310px;" type="text"/> Pago derechos (KVA)</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input style="width: 310px;" type="text"/> Franja Servicio / Distancias de seguridad</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> <p>RECOMENDACIONES / OBSERVACIONES:.....</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>			<input style="width: 310px;" type="text"/> Plano anteproyecto	<input type="checkbox"/>	<input style="width: 310px;" type="text"/> Licencia Urbanística/Permiso funcionamiento	<input type="checkbox"/>	<input style="width: 310px;" type="text"/> Planos Instalaciones	<input type="checkbox"/>	<input style="width: 310px;" type="text"/> Emplazamiento de redes y trafo mas cercano	<input type="checkbox"/>	<input style="width: 310px;" type="text"/> Diagrama unifilar	<input type="checkbox"/>	<input style="width: 310px;" type="text"/> Pago derechos (KVA)	<input type="checkbox"/>	<input style="width: 310px;" type="text"/> Franja Servicio / Distancias de seguridad	<input type="checkbox"/>
<input style="width: 310px;" type="text"/> Plano anteproyecto	<input type="checkbox"/>															
<input style="width: 310px;" type="text"/> Licencia Urbanística/Permiso funcionamiento	<input type="checkbox"/>															
<input style="width: 310px;" type="text"/> Planos Instalaciones	<input type="checkbox"/>															
<input style="width: 310px;" type="text"/> Emplazamiento de redes y trafo mas cercano	<input type="checkbox"/>															
<input style="width: 310px;" type="text"/> Diagrama unifilar	<input type="checkbox"/>															
<input style="width: 310px;" type="text"/> Pago derechos (KVA)	<input type="checkbox"/>															
<input style="width: 310px;" type="text"/> Franja Servicio / Distancias de seguridad	<input type="checkbox"/>															
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; border-top: 1px dashed black;">-----</td> <td style="width: 20%;">PRESENTA</td> <td style="width: 30%; text-align: center;"><input type="checkbox"/> SI</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">REVISIÓN: ING.XXXXXXXX</td> <td>NO PRESENTA</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> x</td> </tr> <tr> <td></td> <td>NO REQUIERE</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> NR</td> </tr> </table>			-----	PRESENTA	<input type="checkbox"/> SI	REVISIÓN: ING.XXXXXXXX	NO PRESENTA	<input type="checkbox"/> x		NO REQUIERE	<input type="checkbox"/> NR					
-----	PRESENTA	<input type="checkbox"/> SI														
REVISIÓN: ING.XXXXXXXX	NO PRESENTA	<input type="checkbox"/> x														
	NO REQUIERE	<input type="checkbox"/> NR														
<p>TRAMITE: ----- FECHA: dd/mm/aaaa</p> <p>FAVOR NOTIFICAR Y DEVOLVER PARA ARREGLO Y OBSERVACIONES <input style="width: 50px;" type="checkbox"/></p> <p>QUE CONVERSE CON NOSOTROS PARA OTROS DETALLES <input style="width: 50px;" type="checkbox"/></p> <p>OTROS <input style="width: 50px;" type="checkbox"/></p>																
<p>NOTA: PRESENTAR ESTA HOJA Y LAS QUE SE SOLICITA CORREGIR PARA PROCEDER A LA REVISIÓN FINAL.</p>																

Ilustración E.1. Formato de observación por parte de EERCSCA.

Carpio Pauta Daniel
Marín Iñiguez Diego

Anexo F. Valores de iluminación en puestos de trabajo en interiores

Tabla F.1. Valores de iluminación en puesto de trabajo en interiores

Tipo de recinto y actividad	Niveles de iluminancia		
	Área generales en las construcciones	Mínima	Media
Áreas de circulación, corredores	50	100	150
Escaleras, escaleras mecánicas	100	150	200
Vestidores, baños	100	150	200
Almacenes, bodegas	100	150	200
Talleres de ensamble			
Trabajo pesado, montaje de maquinaria pesada	200	300	500
Trabajo Intermedio, ensamble de motores, carrocerías de automóviles	300	500	750
Trabajo fino, ensamble de maquinaria electrónica y oficina	500	750	1000
Trabajo muy fino, ensamble de instrumentos	1000	1500	2000
Procesos químicos			
Procesos automáticos	50	100	150
Plantas de producción que requieren intervención ocasional	100	150	200
Áreas generales en el interior de las fábricas	200	300	500
Cuartos de control, laboratorios	300	500	750
Industria farmacéutica	300	500	750
Inspección	500	750	1000
Balanceo de colores	750	1000	1500
Fabricación de llantas de caucho	300	500	750
Fábrica de confecciones			
Costura	500	750	1000
Inspección	750	1000	1500
Prensado	300	500	750
Industria eléctrica			
Fabricación de cables	200	300	500
Ensamble de aparatos telefónicos	300	500	750
Ensamble de devanados	500	750	1000
Ensamble de aparatos receptores de radio y TV	750	1000	1500
Ensamble de aparatos de ultra precisión componentes electrónicos	1000	1500	2000
Industria alimenticia			
Áreas generales de trabajo	200	300	500
Procesos automáticos	150	200	300
Decoración manual, inspección	300	500	750

Tabla F.2. Valores de iluminación en puesto de trabajo en interiores

Tipo de recinto y actividad	Niveles de iluminancia		
	Área generales en las construcciones	Mínima	Media
Fundición			
Pozos de fundición	150	200	300
Moldeado basto, elaboración basta de machos	200	300	500
Moldeo fino, elaboración de machos, inspección	300	500	750
Trabajo en vidrio y cerámica			
Zonas de hornos	100	150	200
Recinto de mezcla, moldeo, conformado y estufas	200	300	500
Terminado, esmaltado, envidiado	300	500	750
Pintura y decoración	500	750	1000
Aliado, lentes y cristaleras, trabajo fino	750	1000	1500
Trabajo en hierro y acero			
Plantas de producción que no requieren intervención manual	50	100	150
Plantas de producción que requieren intervención ocasional	100	150	250
Puestos de trabajo permanentes en plantas de producción	200	300	500
Plataformas de control e inspección	300	500	750
Industria de cuero			
Áreas generales de trabajo	200	300	500
Prensado, corte, costura y producción de calzado	500	750	1000
Clasificación, adaptación y control de calidad	700	1000	1500
Taller de mecánica y ajuste			
Trabajo ocasional	150	200	300
Trabajo basto en banca y maquinado, soldadura	200	300	500
Maquinado y trabajo en media precisión en banco, maquinas generalmente automáticas	300	500	750
Maquinado y trabajo fino en banco, máquinas automáticas finas, inspección y ensayo	500	750	1000
Trabajo fino, calibración e inspección de partes complejas pequeñas	1000	1500	2000
Talleres de pintura y rociado			
Inmersión, rociado basto	200	300	500
Pintura ordinaria, rociado y terminado	300	500	750
Pintura fina, rociado y terminado	500	750	1000
Retoque y balanceo de colores	750	1000	1500

Tabla F.3. Valores de iluminación en puesto de trabajo en interiores

Tipo de recinto y actividad	Niveles de iluminancia		
	Área generales en las construcciones	Mínima	Media
Fábricas de papel			
Elaboración de papel y cartón	200	300	500
Procesos automáticos	150	200	300
Inspección y clasificación	300	500	750
Trabajos de impresión y encuadernación de libros			
Recintos con máquinas de impresión	300	500	750
Cuartos de composición y lecturas de prueba	500	750	1000
Pruebas de precisión, retoque y grabado	750	1000	1500
Reproducción del color e impresión	1000	1500	2000
Grabado con acero y cobre	1500	2000	3000
Encuadernación	300	500	750
Decoración y estampado	500	750	1000
Industria textil			
Rompimiento de la paca, cardado, hilado	200	300	500
Giro, enbobinamiento, enrollamiento, peinado, tintura	300	500	750
Balanceo, rotación (conteos finos) entretejido, tejido	500	750	1000
Costura, desmote, inspección	750	1000	1500
Talleres de madera y fábricas de muebles			
Aserraderos	150	200	300
Trabajo en banco y montaje	200	300	500
Maquinado en madera	300	500	750
Terminado e inspección final	500	750	1000
Oficinas			
Oficinas de tipo general, mecanografía y computación	300	500	750
Oficinas abiertas	500	750	1000
Oficinas de dibujo	500	750	1000
Salas de conferencia	300	500	750
Hospitales			
Salas			
Iluminación general	50	100	150
Examen	200	300	500
Lectura	150	200	300
Circulación nocturna	3	5	10
Salas de examen			
Iluminación general	300	500	750
Inspección local	750	1000	1500

Tabla F.4. Valores de iluminación en puesto de trabajo en interiores

Tipo de recinto y actividad	Niveles de iluminancia		
	Área generales en las construcciones	Mínima	Media
Terapia intensiva			
Cabecera de la cama	30	50	100
Observación	200	300	500
Estación de enfermería	200	300	500
Salas de operación			
Iluminación general	500	750	1000
Iluminación local	1000	3000	100000
Salas de autopsia			
Iluminación general	500	750	1000
Iluminación local	1000	3000	15000
Consultorios			
Iluminación general	300	500	750
Iluminación local	500	750	1000
Farmacia y laboratorios			
Iluminación general	300	400	
Iluminación local	500	750	1000
Almacenes			
Iluminación general			
En grandes centros comerciales	500	750	
Ubicados en cualquier parte	300	500	
Supermercados	500	750	
Colegios			
Salones de clase			
Iluminación general	300	500	750
Tableros para emplear con tizas	300	750	750
Elaboración de planos	500	750	1000
Salas de conferencia			
Iluminación general	300	500	750
Tableros	500	750	1000
Bancos de demostración	500	750	1000
Laboratorios	300	500	750
Salas de arte	300	500	750
Talleres	300	500	750
Salas de asamblea	150	200	300

Tabla F.5. Valores de iluminación en puesto de trabajo en interiores

Tipo de recinto y actividad	Niveles de iluminancia			
	Área generales en las construcciones	Mínima	Media	Máxima
Hoteles – moteles				
Vestíbulos de entrada			300	
Comedores			200	
Cocinas			500	
Dormitorios, baños-General			100	
Dormitorios, baños-Local			300	

*Todos los valores son medidos en luxes

Tabla F.6. Valores de iluminación en puesto de trabajo en interiores

Tipo de deporte	Iluminancia Horizontal	
	Distracción y entretenimiento	Competición
Fútbol	75	200-600*
Baloncesto	75	400
Rugby	75	200-600*
Gimnasia	75	150
Béisbol	200	400
Balonvolea (interior)	200	400
Bádminton (interior)	200	400
Hockey (interior/exterior)	200	400
Natación (interior/exterior)	200	400
Waterpolo (interior/exterior)	200	400
Saltos de trampolín (interior/exterior)	200	500
Patinaje (interior)	150	300
Patinaje (exterior)	75	150
Hockey sobre hielo (interior/exterior)	300	500
Tenis (interior/exterior)	200	400-600*
Equitación – carreras	100	150
Equitación – saltos (interior)	150	300
Equitación – saltos (exterior)	200	400
Bolera	200	200
Tiro	150	150

* depende de la distancia máxima entre espectadores y centro de terreno.

Anexo G. Cajas metálicas normalizadas

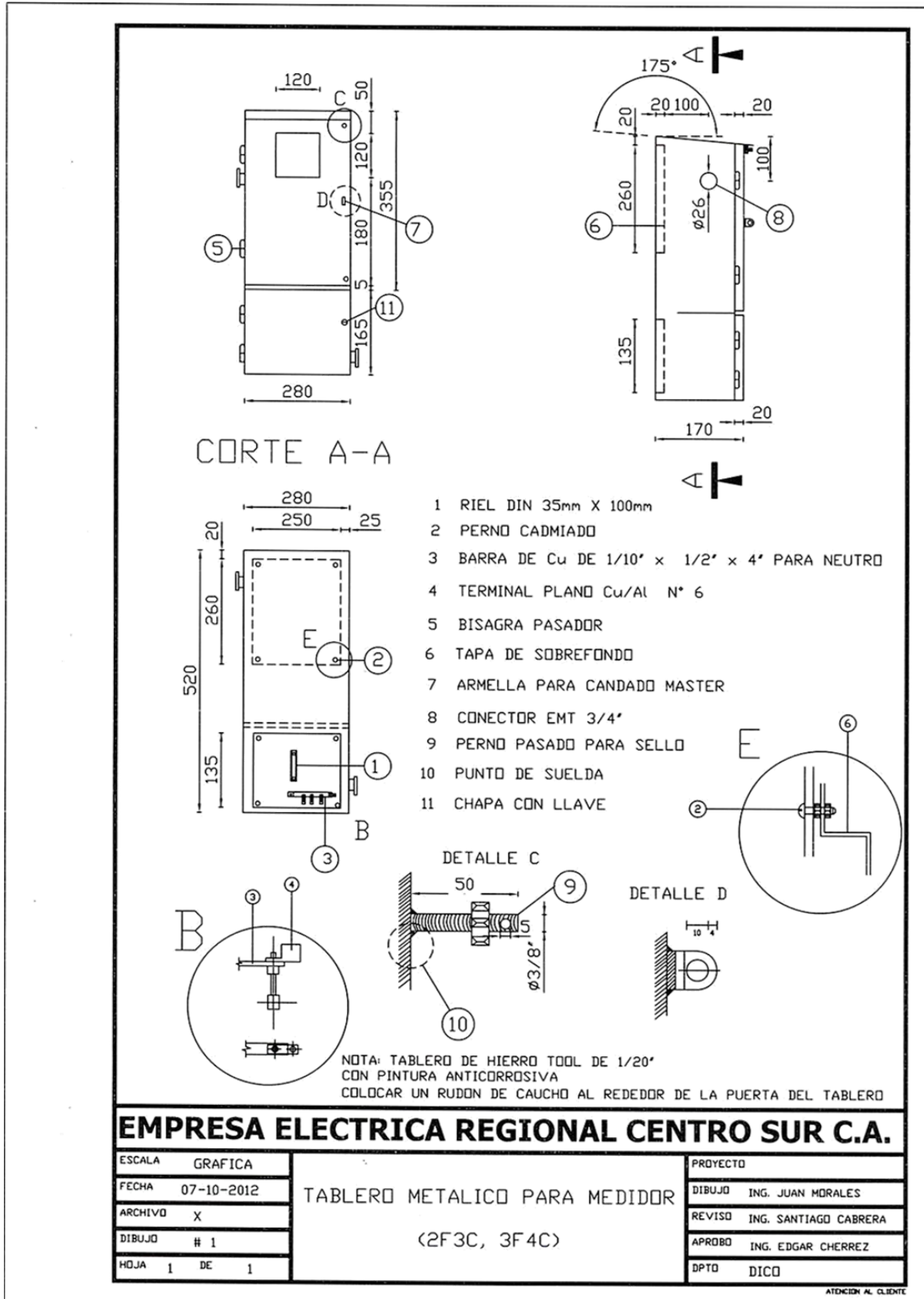


Ilustración G.1. Tablero metálico para un medidor

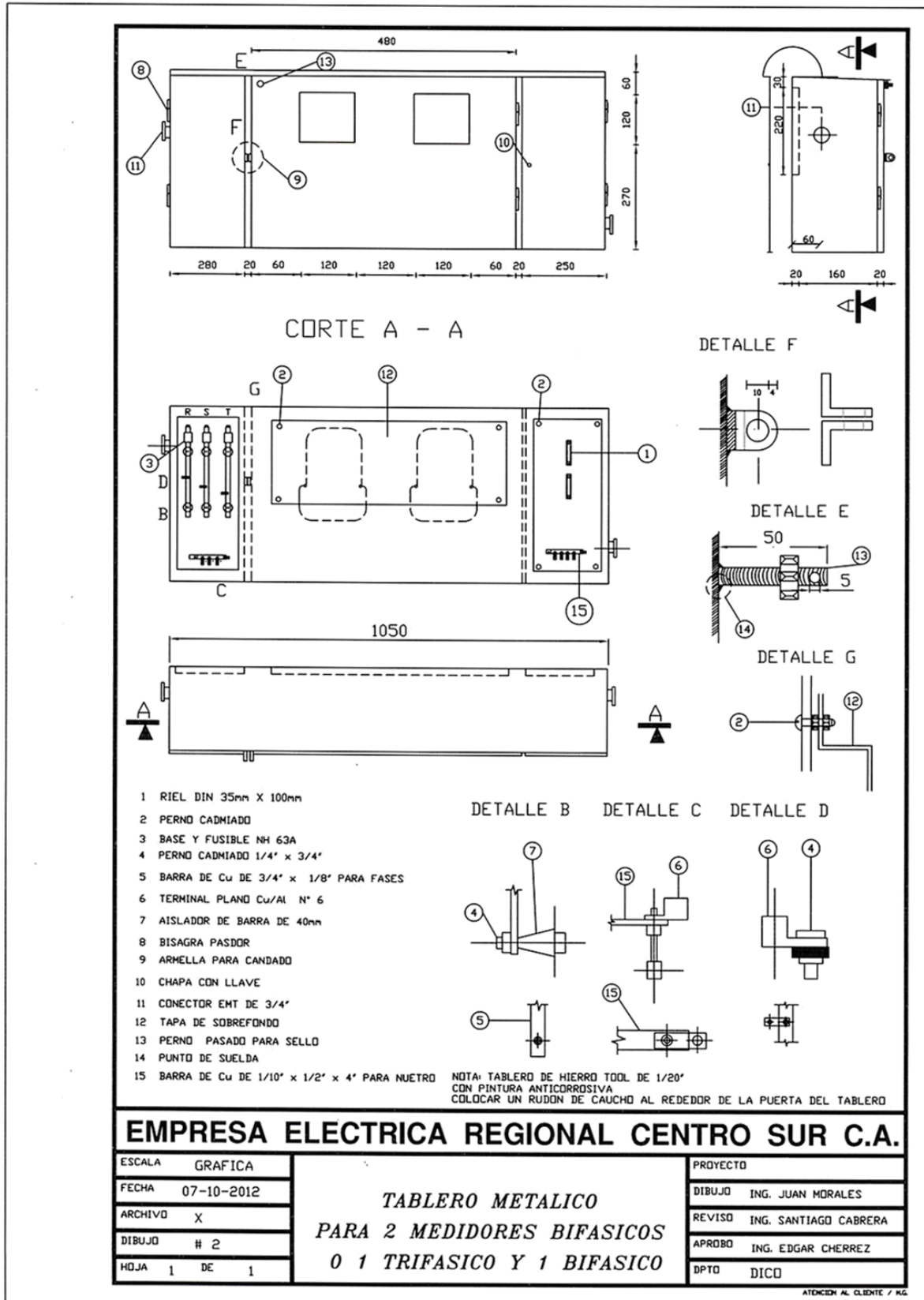


Ilustración G.2. Tablero Metálico para 2 medidores

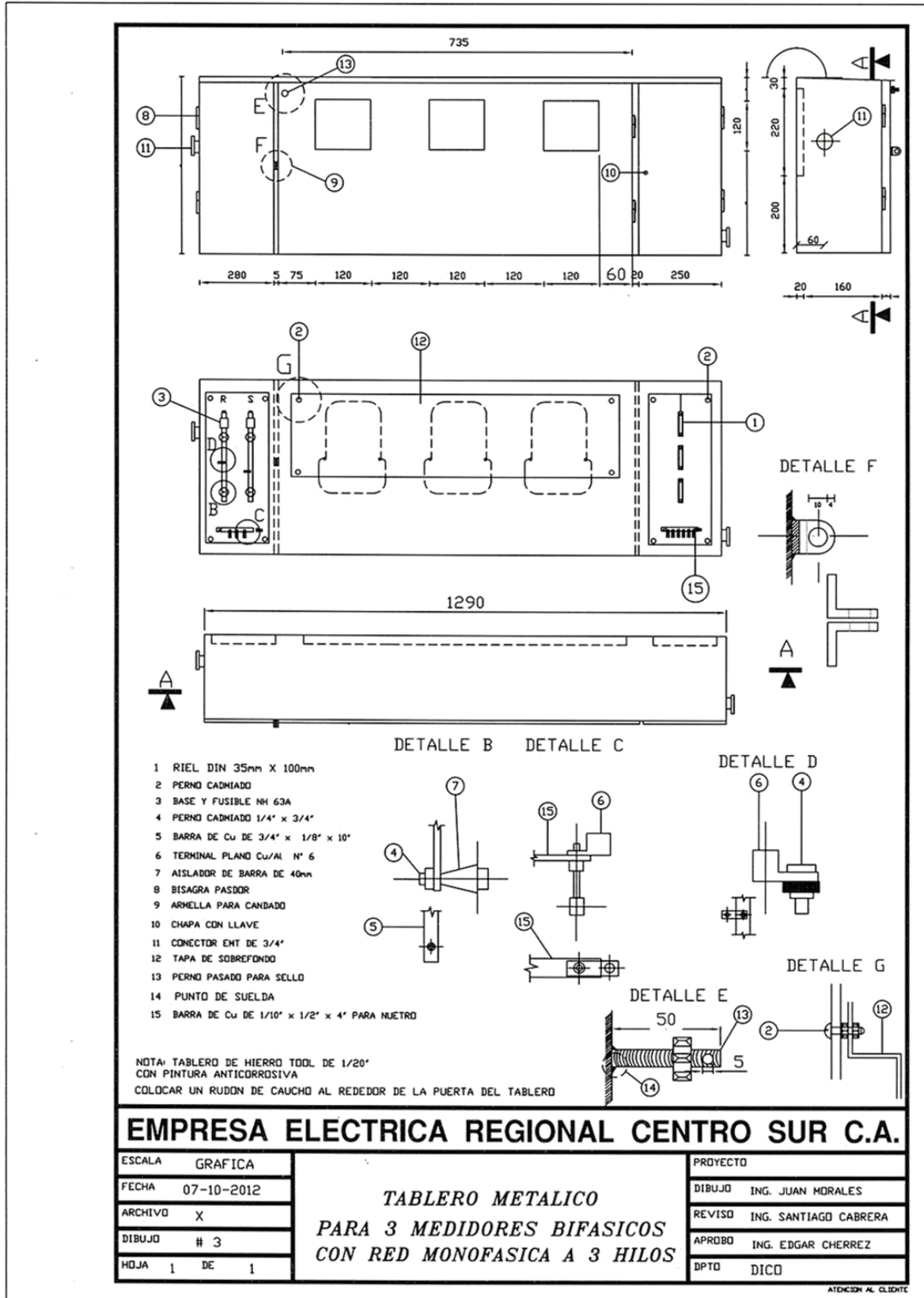


Ilustración G.3. Tablero Metálico para 3 medidores bifásico

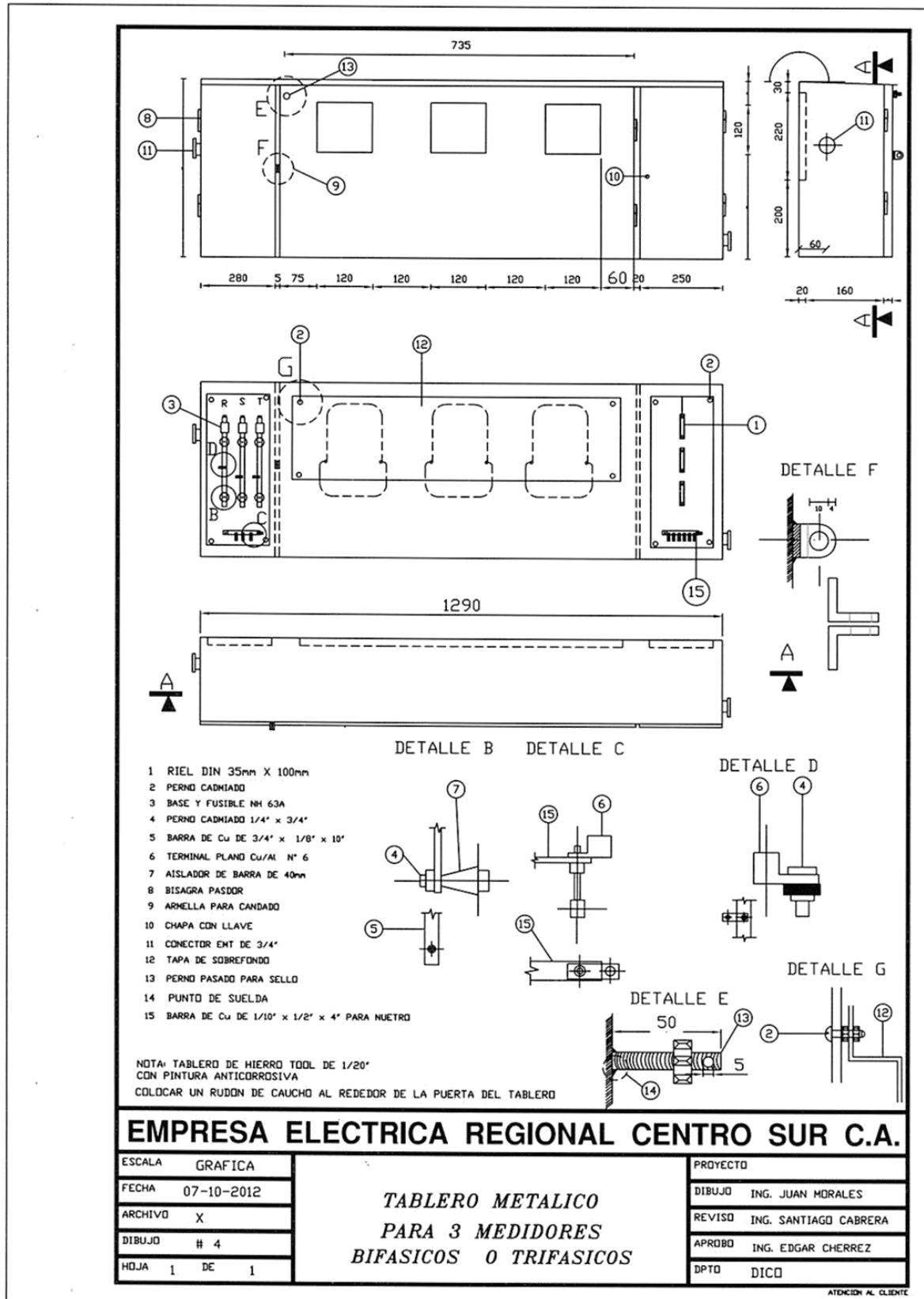


Ilustración G.4. Tablero Metálico para 3 medidores trifásicos

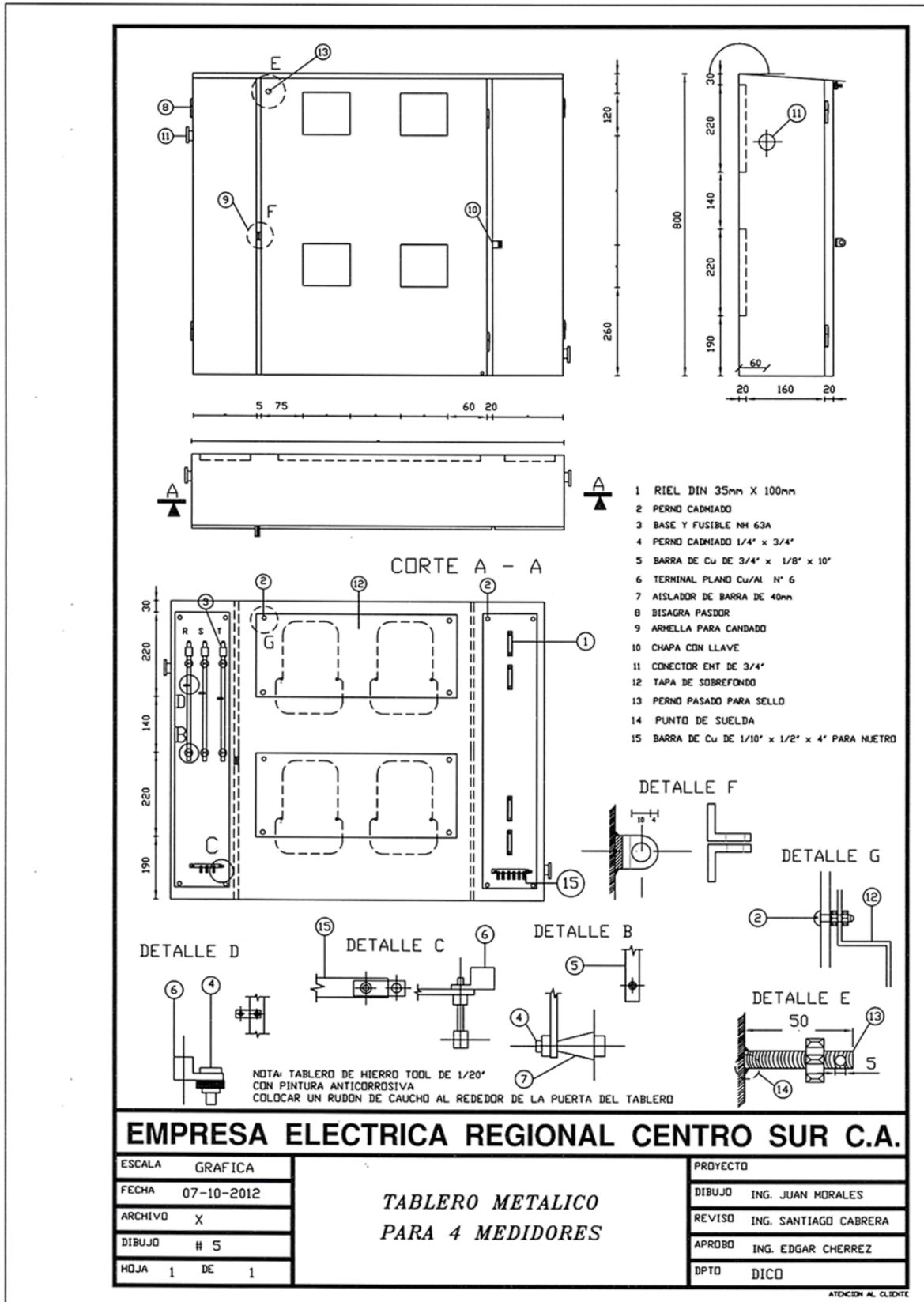


Ilustración G.5. Tablero Metálico para 4 medidores

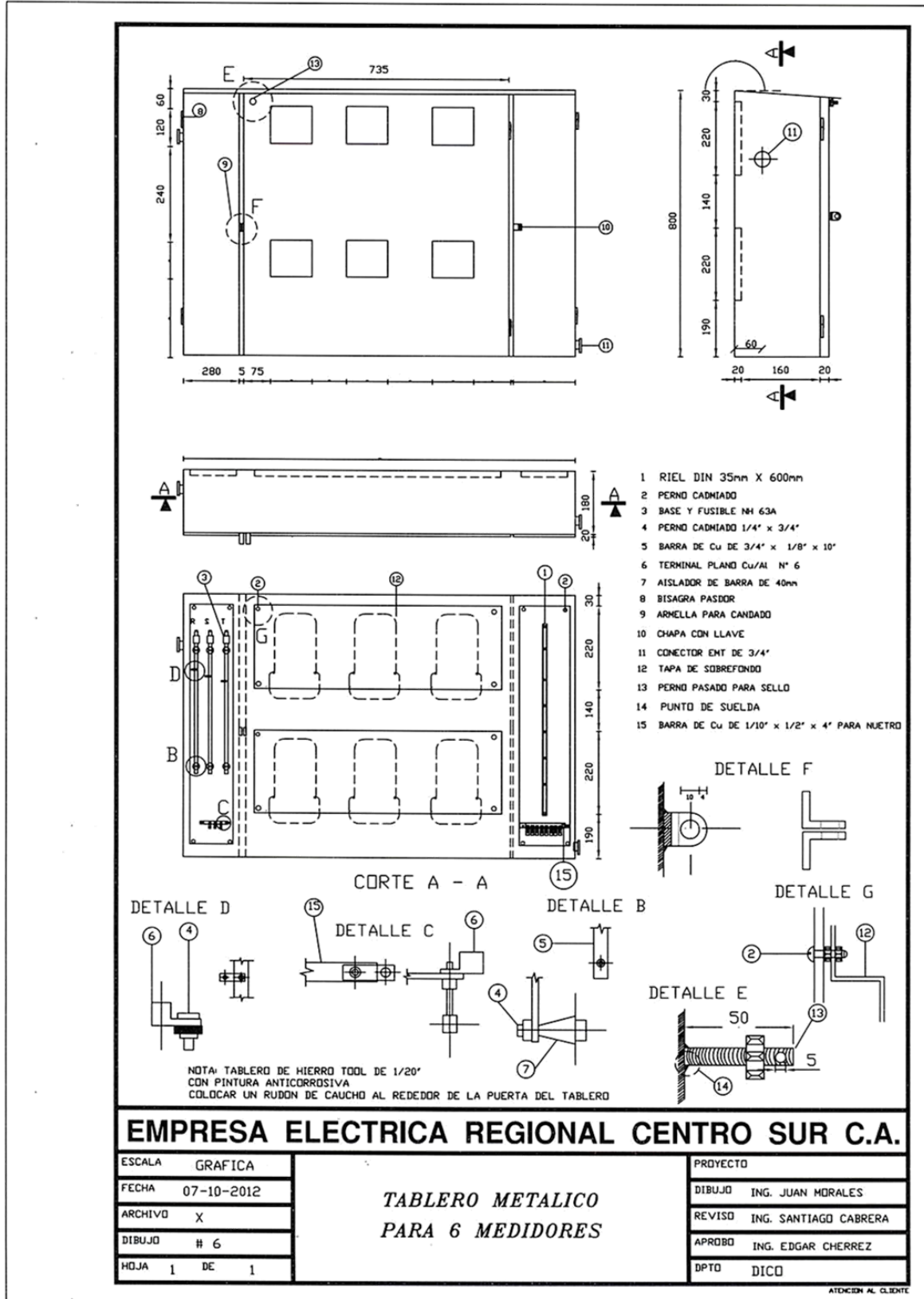


Ilustración G.6. Tablero Metálico para 6 medidores

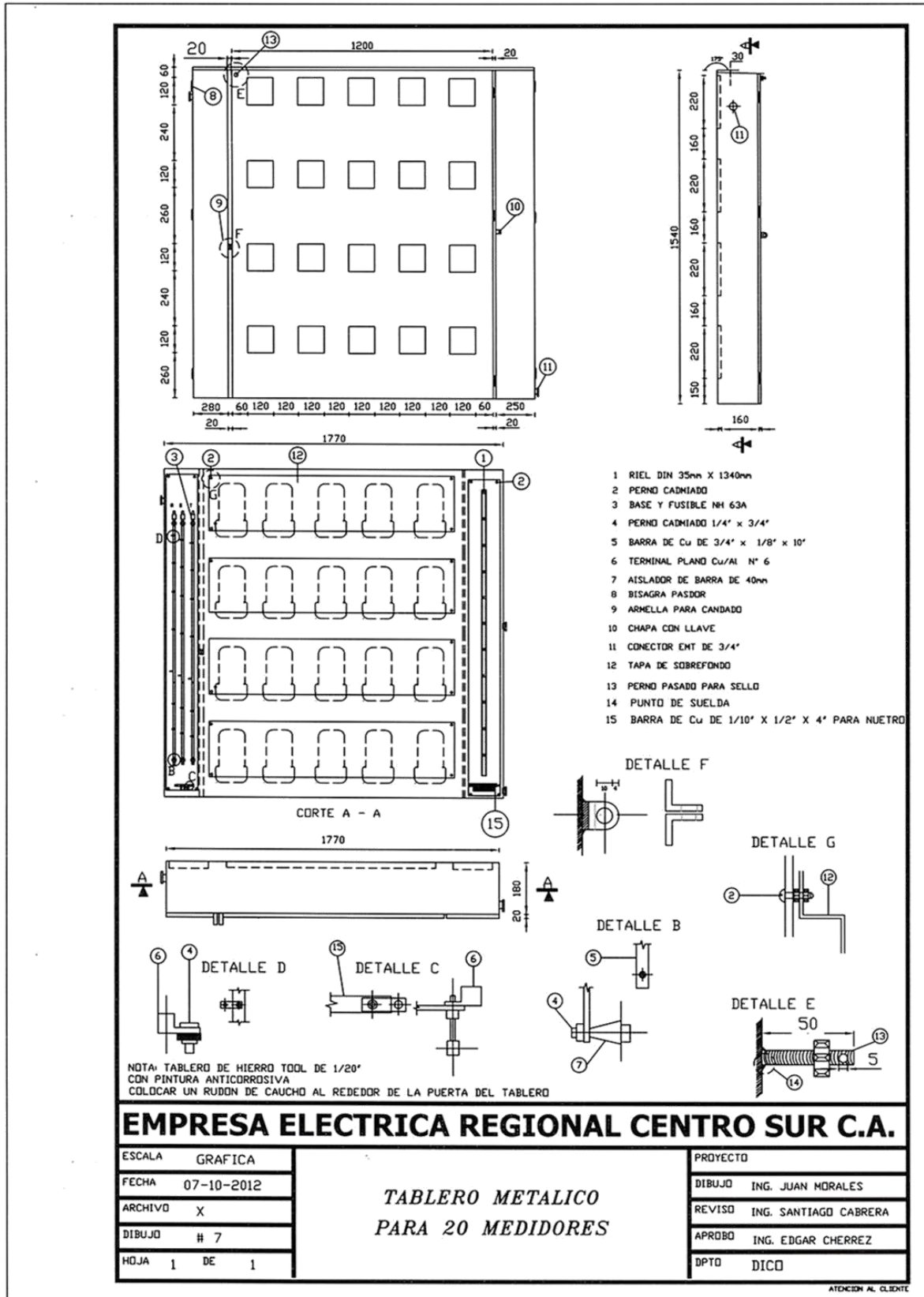


Ilustración G.7. Tablero Metálico para 20 medidores

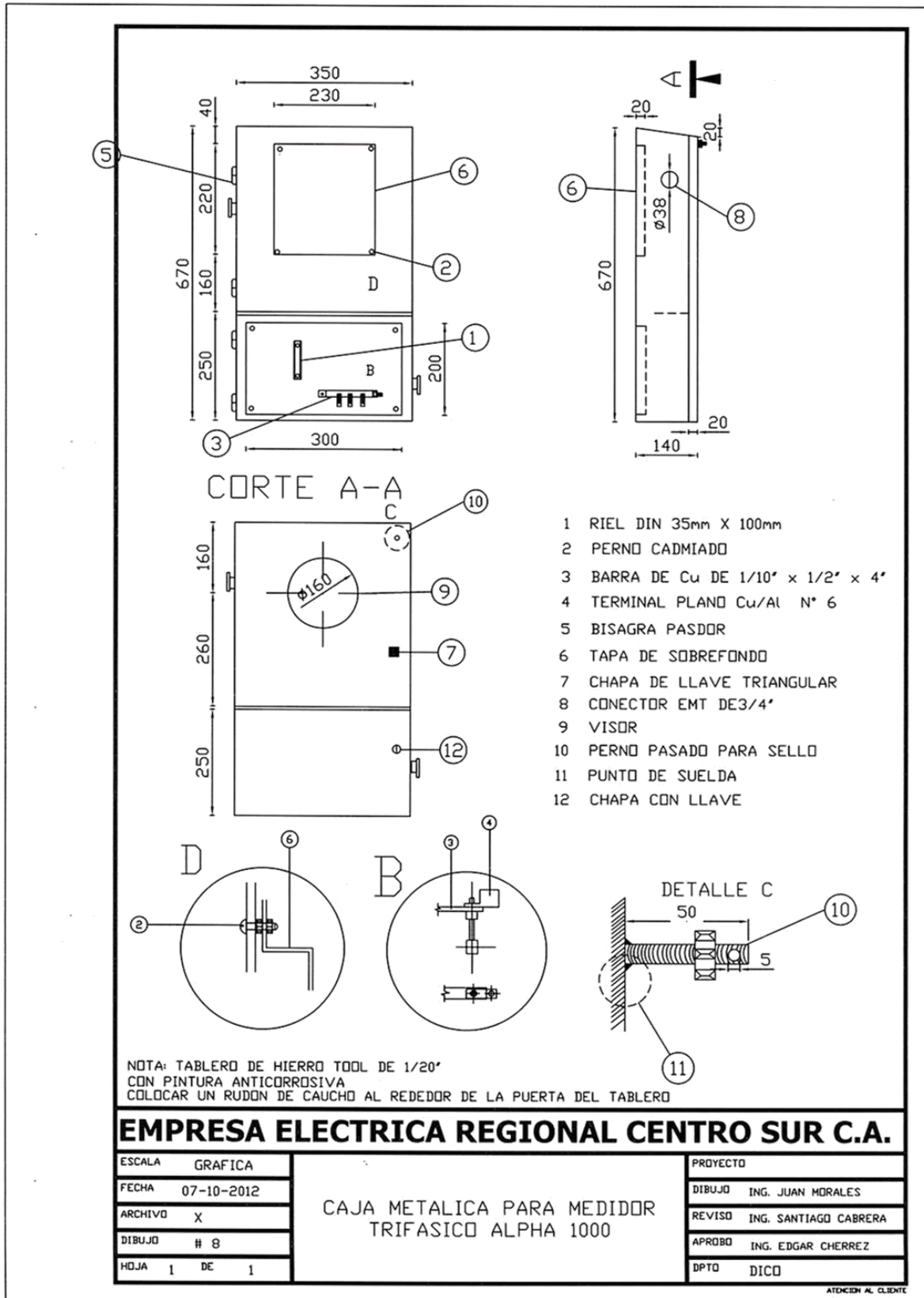


Ilustración G.8. Tablero Metálico para medidor trifásico alpha 1000

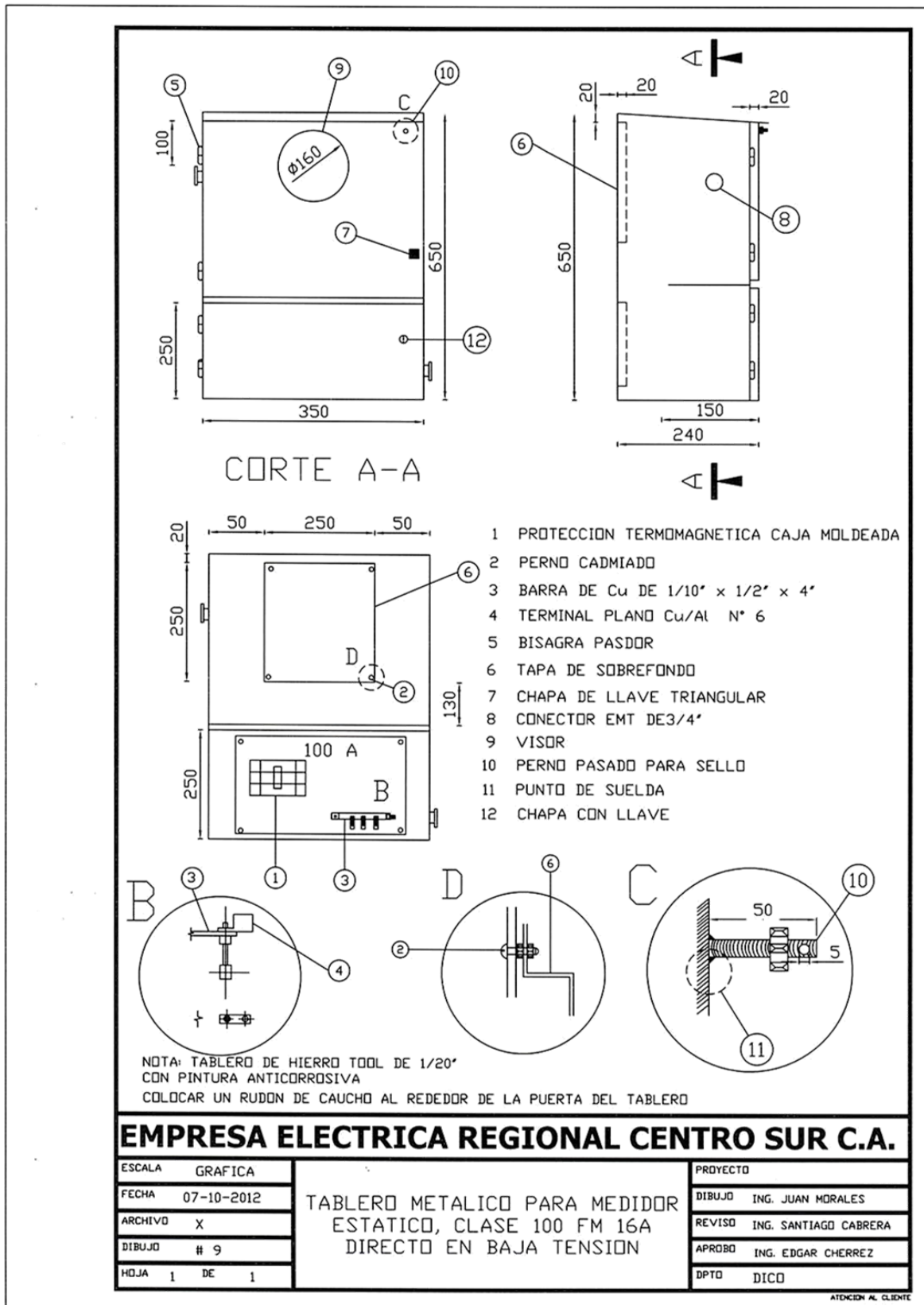


Ilustración G.9. Tablero Metálico para medidor estático clase 100FM 16A

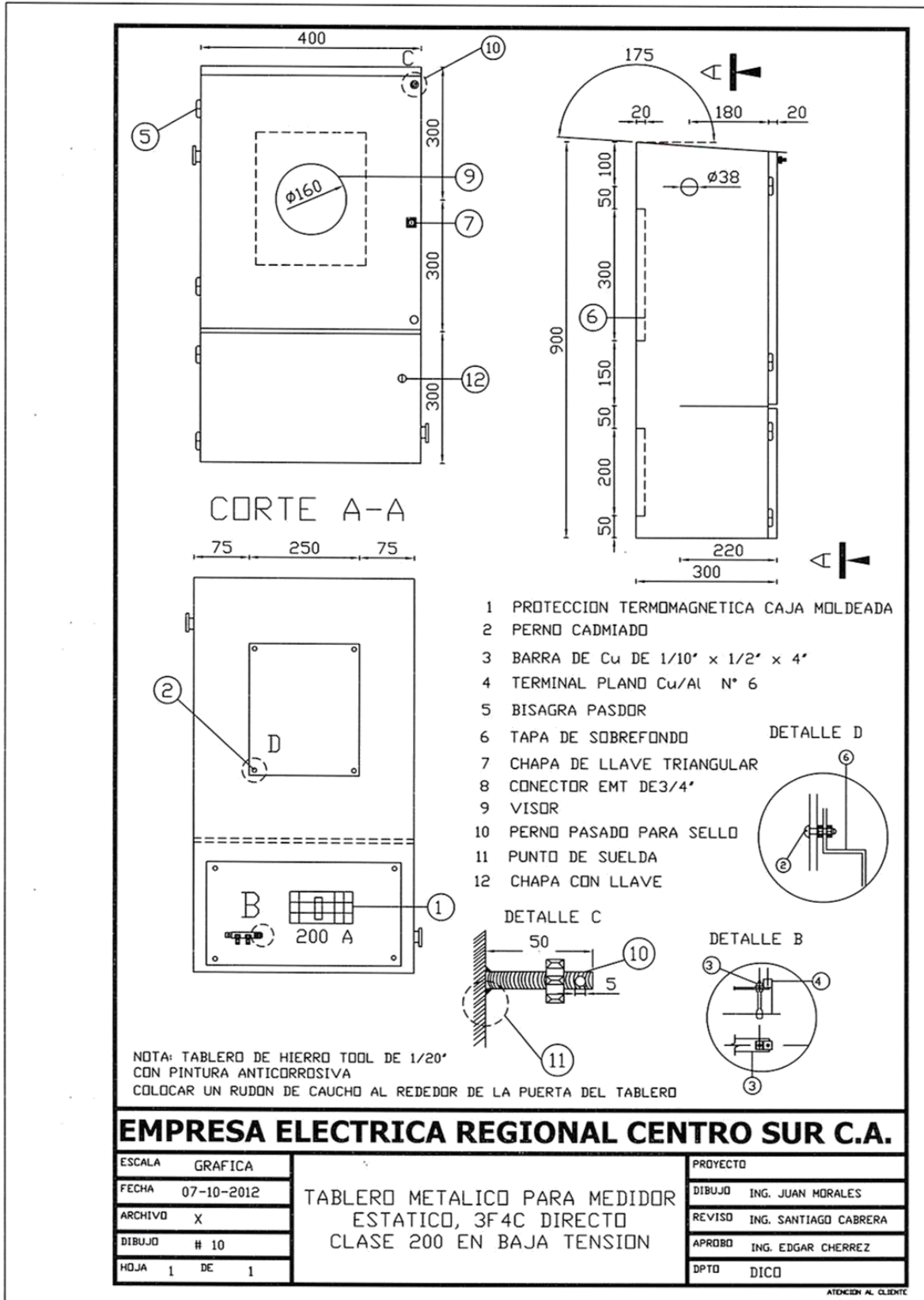


Ilustración G.10. Tablero Metálico para medidor estático 3F4C

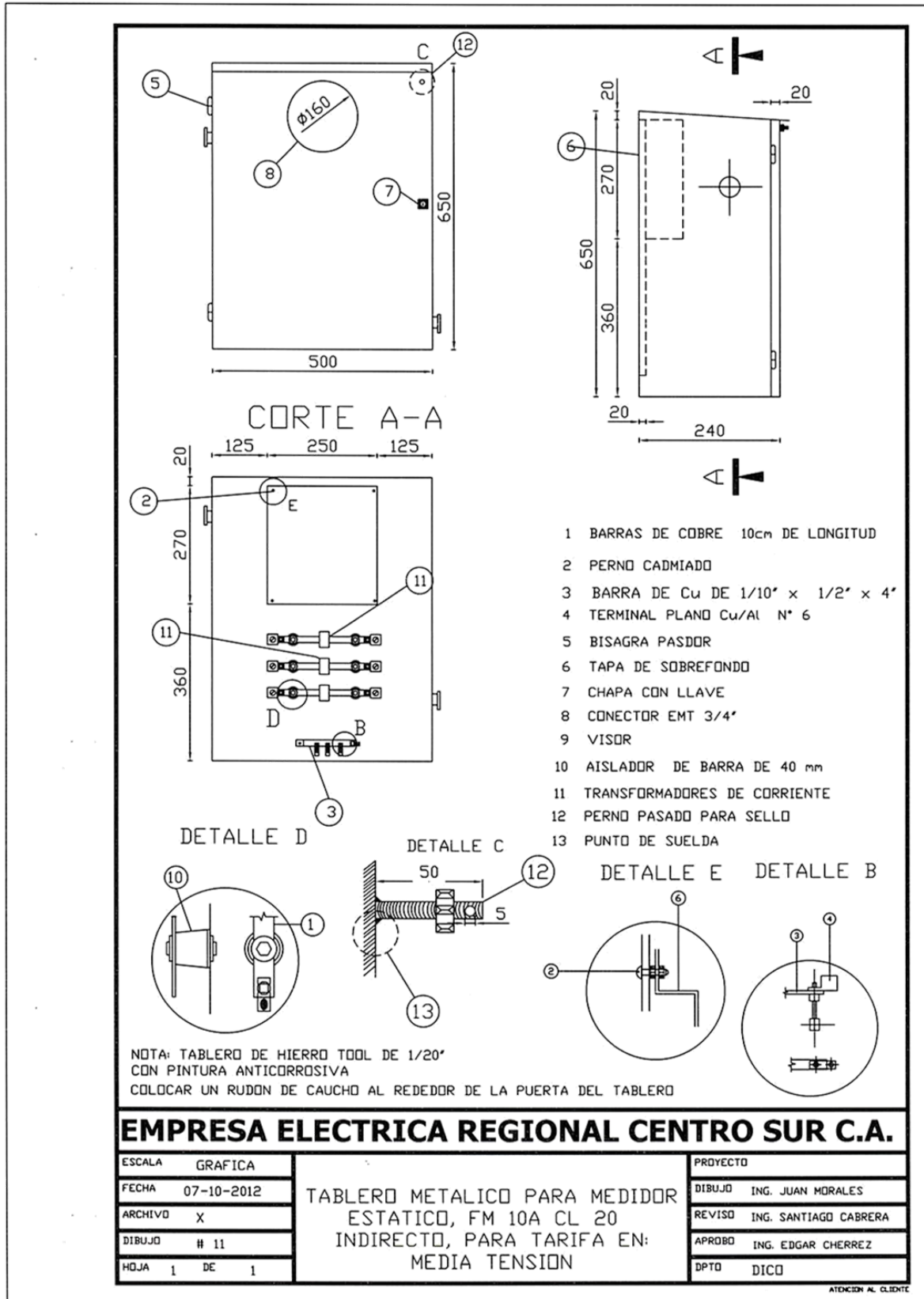


Ilustración G.11. Tablero Metálico para medidor estático clase FM 10 A CL20

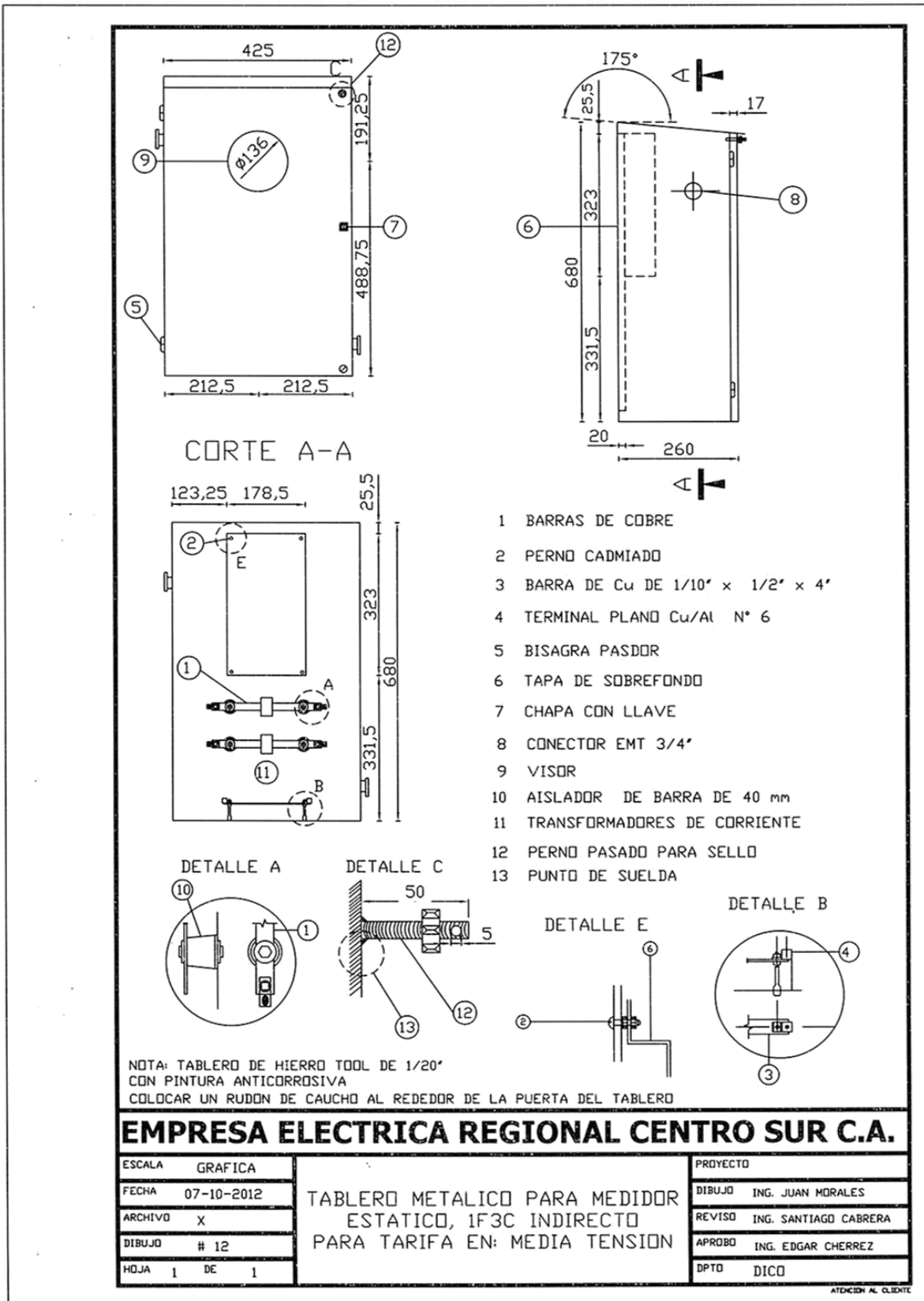


Ilustración G.12. Tablero Metálico para medidor estático clase 1F 3C

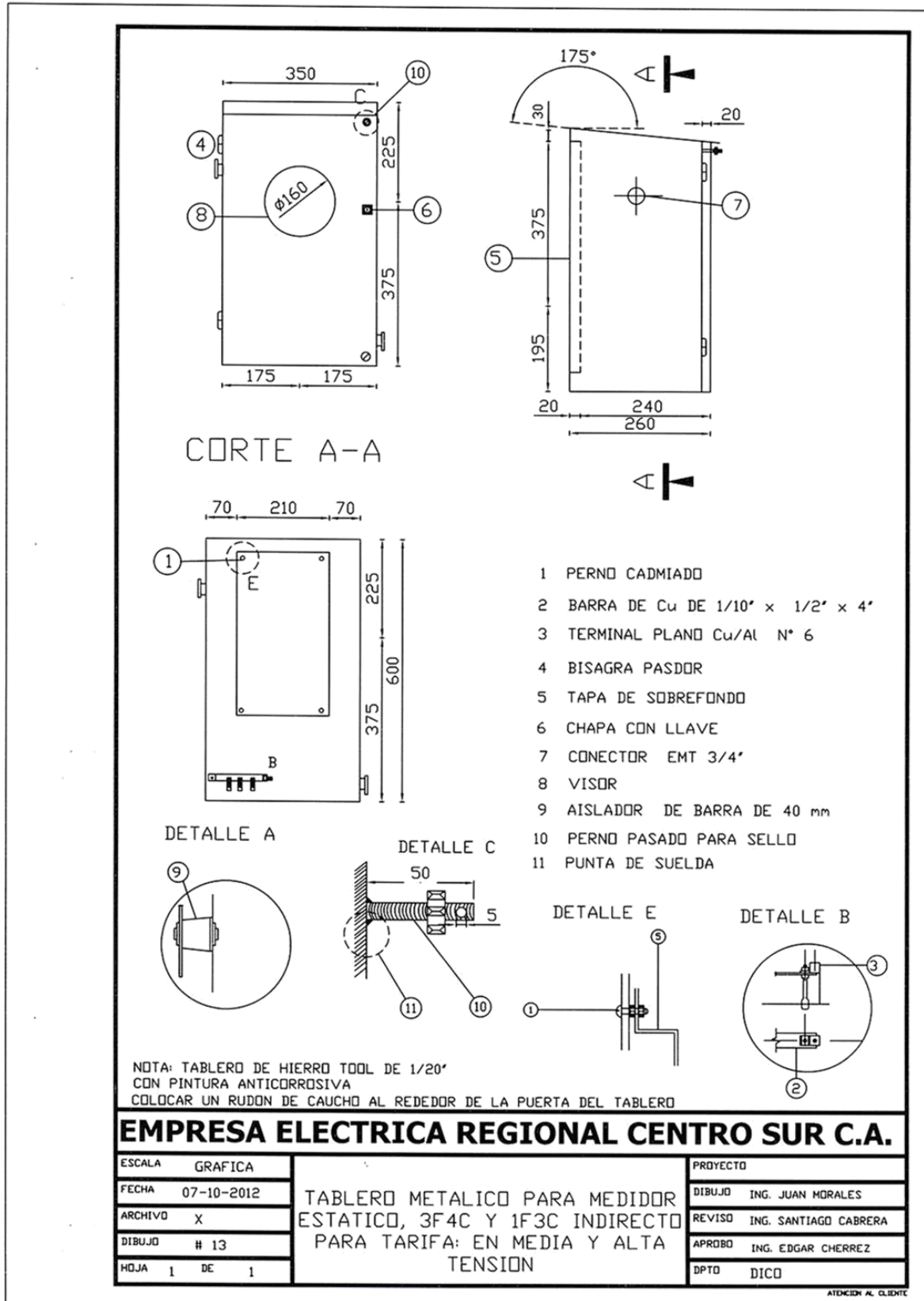


Ilustración G.13. Tablero Metálico para medidor estático 3F4C y 1F3C

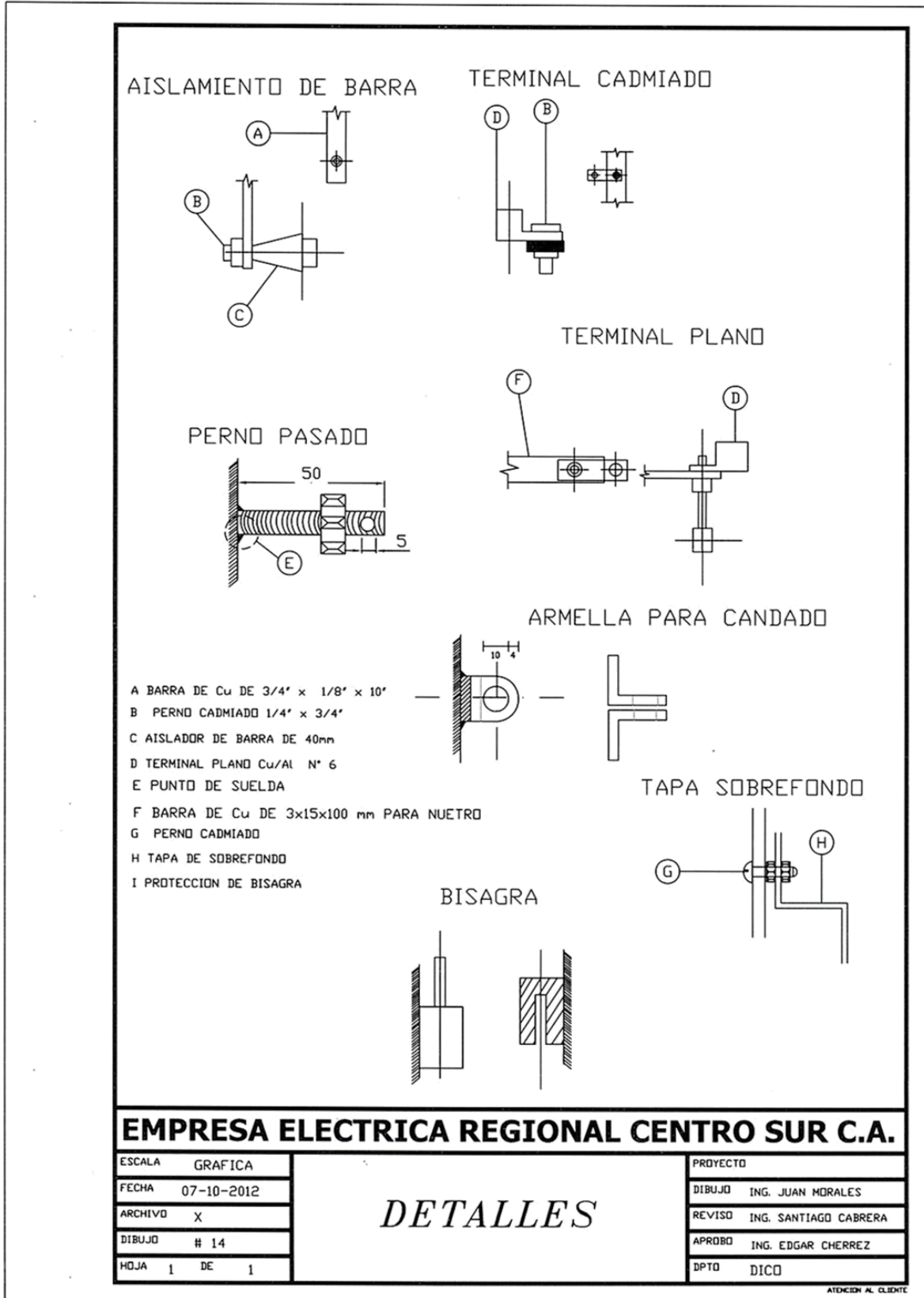


Ilustración G.14. Detalles de sujeción

Anexo H. Demanda por estrato para equipos de usos generales en viviendas

Tabla H.1. Demanda por estrato para equipos de usos generales en viviendas

Fuente: EERCSCA

	ESTRATO	ESTRATO	ESTRATO	ESTRATO	ESTRATO	ESTRATO
	"E"	"D"	"C"	"B"	"A"	"A1"
	60 kWh	110kWh	180 kWh	310 kWh	500 kWh	1000 kWh
# CONSUMIDOR	AxB (kVA)	AxB (kVA)	AxB (kVA)	AxB (kVA)	AxB (kVA)	AxB (kVA)
1	0,651	1,122	1,726	2,811	4,292	3,678
2	0,866	1,492	2,295	3,738	5,708	4,891
3	1,139	1,962	3,018	4,916	7,506	6,432
4	1,302	2,244	3,451	5,621	8,584	7,355
5	2,198	3,786	5,824	9,486	14,485	20,778
6	2,501	4,309	6,628	10,796	16,484	23,646
7	2,802	4,827	7,426	12,095	18,468	26,493
8	3,126	5,386	8,285	13,494	20,605	29,558
9	3,427	5,904	9,083	14,794	22,589	32,404
10	3,728	6,423	9,880	16,093	24,574	35,251
11	4,029	6,942	10,678	17,393	26,558	38,097
12	4,331	7,460	11,476	18,692	28,542	40,943
13	4,655	8,019	12,335	20,092	30,679	44,008
14	4,956	8,537	13,133	21,391	32,663	46,855
15	5,257	9,056	13,931	22,691	34,647	49,701
16	5,558	9,575	14,728	23,990	36,632	52,547
17	5,859	10,093	15,526	25,290	38,616	55,394
18	6,160	10,612	16,324	26,589	40,600	58,240
19	6,438	11,091	17,060	27,788	42,432	60,867
20	6,762	11,649	17,920	29,188	44,568	63,933
21	7,040	12,128	18,656	30,387	46,400	66,560
22	7,341	12,647	19,454	31,687	48,384	69,406
23	7,596	13,085	20,129	32,786	50,063	71,815
24	7,642	13,165	20,252	32,986	50,368	72,253
25	7,874	13,564	20,865	33,986	51,895	74,442
26	8,337	14,362	22,093	35,985	54,947	78,821
27	8,615	14,841	22,829	37,185	56,779	81,448
28	9,008	15,519	23,872	38,884	59,374	85,171
29	9,147	15,758	24,241	39,484	60,289	86,484
30	9,425	16,237	24,977	40,683	62,121	89,112
31	9,703	16,716	25,713	41,883	63,953	91,739
32	9,981	17,195	26,450	43,082	65,784	94,366
33	10,259	17,673	27,186	44,282	67,616	96,994

Tabla H.2. Demanda por estrato para equipos de usos generales en viviendas

Fuente: EERCSCA

	ESTRATO "E"	ESTRATO "D"	ESTRATO "C"	ESTRATO "B"	ESTRATO "A"	ESTRATO "A1"
	60 kWh	110kWh	180 kWh	310 kWh	500 kWh	1000 kWh
# CONSUMIDOR	AxB (kVA)	AxB (kVA)	AxB (kVA)	AxB (kVA)	AxB (kVA)	AxB (kVA)
34	10,514	18,112	27,861	45,381	69,295	99,402
35	10,792	18,591	28,598	46,581	71,126	102,029
36	11,046	19,030	29,273	47,680	72,805	104,438
37	11,324	19,509	30,009	48,880	74,637	107,065
38	11,579	19,947	30,684	49,979	76,316	109,474
39	11,857	20,426	31,421	51,179	78,147	112,101
40	12,112	20,865	32,096	52,278	79,826	114,509
41	12,366	21,304	32,771	53,378	81,505	116,918
42	12,621	21,743	33,446	54,477	83,184	119,326
43	12,853	22,142	34,059	55,477	84,711	121,516
44	13,131	22,620	34,796	56,676	86,542	124,143
45	13,408	23,099	35,532	57,876	88,374	126,771
46	13,663	23,538	36,207	58,976	90,053	129,179
47	13,941	24,017	36,944	60,175	91,884	131,806
48	14,219	24,495	37,680	61,375	93,716	134,434
49	14,451	24,894	38,294	62,374	95,242	136,623
50	14,705	25,333	38,969	63,474	96,921	139,032
51	14,983	25,812	39,705	64,673	98,753	141,659
52	15,215	26,211	40,319	65,673	100,279	143,848
53	15,446	26,610	40,933	66,672	101,805	146,038
54	15,747	27,128	41,731	67,972	103,789	148,884
55	15,979	27,527	42,344	68,971	105,316	151,074
56	16,257	28,006	43,081	70,171	107,147	153,701
57	16,488	28,405	43,694	71,170	108,674	155,891
58	16,743	28,844	44,369	72,270	110,353	158,299
59	17,044	29,363	45,167	73,569	112,337	161,145
60	17,253	29,722	45,719	74,469	113,711	163,116
61	17,507	30,160	46,395	75,569	115,389	165,524
62	17,762	30,599	47,070	76,668	117,068	167,933
63	18,017	31,038	47,745	77,768	118,747	170,341
64	18,272	31,477	48,420	78,867	120,426	172,749
65	18,526	31,916	49,095	79,967	122,105	175,158
66	19,267	33,192	51,059	83,165	126,989	182,164
67	19,522	33,631	51,734	84,265	128,668	184,573
68	19,267	33,192	51,059	83,165	126,989	182,164
69	19,522	33,631	51,734	84,265	128,668	184,573

Tabla H.3. Demanda por estrato para equipos de usos generales en viviendas

Fuente: EERCSCA

	ESTRATO "E"	ESTRATO "D"	ESTRATO "C"	ESTRATO "B"	ESTRATO "A"	ESTRATO "A1"
	60 kWh	110kWh	180 kWh	310 kWh	500 kWh	1000 kWh
# CONSUMIDOR	AxB (kVA)	AxB (kVA)	AxB (kVA)	AxB (kVA)	AxB (kVA)	AxB (kVA)
70	19,777	34,070	52,409	85,365	130,347	186,981
71	20,032	34,509	53,084	86,464	132,026	189,389
72	20,286	34,948	53,759	87,564	133,705	191,798
73	20,541	35,387	54,434	88,663	135,384	194,206
74	20,773	35,786	55,047	89,663	136,911	196,396
75	21,027	36,224	55,723	90,762	138,589	198,804
76	21,259	36,623	56,336	91,762	140,116	200,994
77	21,514	37,062	57,011	92,861	141,795	203,402
78	21,745	37,461	57,625	93,861	143,321	205,592
79	22,000	37,900	58,300	94,961	145,000	208,000
80	22,232	38,299	58,914	95,960	146,526	210,189
81	22,498	38,758	59,619	97,110	148,282	212,707
82	22,764	39,217	60,325	98,259	150,037	215,225
83	22,961	39,556	60,847	99,109	151,334	217,086
84	23,158	39,895	61,368	99,959	152,632	218,947
85	23,389	40,294	61,982	100,958	154,158	221,137
86	23,621	40,693	62,596	101,958	155,684	223,326
87	23,853	41,092	63,209	102,957	157,211	225,516
88	24,084	41,491	63,823	103,957	158,737	227,705
89	24,432	42,089	64,744	105,456	161,026	230,989
90	24,779	42,687	65,664	106,956	163,316	234,274
91	25,011	43,086	66,278	107,955	164,842	236,463
92	25,242	43,485	66,892	108,955	166,368	238,653
93	25,474	43,884	67,505	109,954	167,895	240,842
94	25,705	44,283	68,119	110,954	169,421	243,032
95	25,937	44,682	68,733	111,954	170,947	245,221
96	26,168	45,081	69,346	112,953	172,474	247,411
97	26,400	45,480	69,960	113,953	174,000	249,600
98	26,632	45,879	70,574	114,952	175,526	251,789
99	26,863	46,278	71,187	115,952	177,053	253,979
100	27,095	46,677	71,801	116,951	178,579	256,168
101	27,326	47,076	72,415	117,951	180,105	258,358
102	27,558	47,475	73,028	118,951	181,632	260,547
103	27,789	47,874	73,642	119,950	183,158	262,737
104	28,021	48,273	74,256	120,950	184,684	264,926
105	28,253	48,672	74,869	121,949	186,211	267,116

Tabla H.4. Demanda por estrato para equipos de usos generales en viviendas

Fuente: EERCSCA

	ESTRATO "E"	ESTRATO "D"	ESTRATO "C"	ESTRATO "B"	ESTRATO "A"	ESTRATO "A1"
	60 kWh	110kWh	180 kWh	310 kWh	500 kWh	1000 kWh
# CONSUMIDOR	AxB (kVA)	AxB (kVA)	AxB (kVA)	AxB (kVA)	AxB (kVA)	AxB (kVA)
106	28,484	49,071	75,483	122,949	187,737	269,305
107	28,716	49,469	76,097	123,949	189,263	271,495
108	28,947	49,868	76,711	124,948	190,789	273,684
109	29,179	50,267	77,324	125,948	192,316	275,874
110	29,411	50,666	77,938	126,947	193,842	278,063
111	29,642	51,065	78,552	127,947	195,368	280,253
112	29,874	51,464	79,165	128,947	196,895	282,442
113	30,105	51,863	79,779	129,946	198,421	284,632
114	30,337	52,262	80,393	130,946	199,947	286,821
115	30,568	52,661	81,006	131,945	201,474	289,011
116	30,800	53,060	81,620	132,945	203,000	291,200
117	31,032	53,459	82,234	133,944	204,526	293,389
118	31,263	53,858	82,847	134,944	206,053	295,579
119	31,495	54,257	83,461	135,944	207,579	297,768
120	31,726	54,656	84,075	136,943	209,105	299,958
121	31,958	55,055	84,688	137,943	210,632	302,147
122	32,189	55,454	85,302	138,942	212,158	304,337
123	32,421	55,853	85,916	139,942	213,684	306,526
124	32,653	56,252	86,529	140,942	215,211	308,716
125	32,884	56,651	87,143	141,941	216,737	310,905
126	33,116	57,049	87,757	142,941	218,263	313,095
127	33,347	57,448	88,371	143,940	219,789	315,284
128	33,579	57,847	88,984	144,940	221,316	317,474
129	33,811	58,246	89,598	145,939	222,842	319,663
130	34,042	58,645	90,212	146,939	224,368	321,853
131	34,274	59,044	90,825	147,939	225,895	324,042
132	34,505	59,443	91,439	148,938	227,421	326,232
133	34,737	59,842	92,053	149,938	228,947	328,421
134	34,968	60,241	92,666	150,937	230,474	330,611
135	35,200	60,640	93,280	151,937	232,000	332,800
136	35,432	61,039	93,894	152,937	233,526	334,989
137	35,663	61,438	94,507	153,936	235,053	337,179
138	35,895	61,837	95,121	154,936	236,579	339,368
139	36,126	62,236	95,735	155,935	238,105	341,558
140	36,358	62,635	96,348	156,935	239,632	343,747
141	36,589	63,034	96,962	157,934	241,158	345,937

Tabla H.5. Demanda por estrato para equipos de usos generales en viviendas

Fuente: EERCSCA

	ESTRATO "E"	ESTRATO "D"	ESTRATO "C"	ESTRATO "B"	ESTRATO "A"	ESTRATO "A1"
	60 kWh	110kWh	180 kWh	310 kWh	500 kWh	1000 kWh
# CONSUMIDOR	AxB (kVA)	AxB (kVA)	AxB (kVA)	AxB (kVA)	AxB (kVA)	AxB (kVA)
142	36,821	63,433	97,576	158,934	242,684	348,126
143	37,053	63,832	98,189	159,934	244,211	350,316
144	37,284	64,231	98,803	160,933	245,737	352,505
145	37,516	64,629	99,417	161,933	247,263	354,695
146	37,747	65,028	100,031	162,932	248,789	356,884
147	37,979	65,427	100,644	163,932	250,316	359,074
148	38,211	65,826	101,258	164,932	251,842	361,263
149	38,442	66,225	101,872	165,931	253,368	363,453
150	38,674	66,624	102,485	166,931	254,895	365,642

Anexo I. Demanda con cocinas de inducción – DMD_{nCI}

Tabla I.1. Demanda con cocinas de inducción – DMD_{nCI}

Fuente: EERCSCA

DEMANDA MÁXIMA DIVERSIFICADA DE n COCINAS DE INDUCCIÓN					
DMD _{nCI}					
# CONSUMIDOR	DMDnCI [kVA]	# CONSUMIDOR	DMDnCI [kVA]	# CONSUMIDOR	DMDnCI [kVA]
1	2,02	51	34,01	101	62,26
2	3,27	52	34,58	102	62,87
3	4,12	53	35,13	103	63,28
4	4,37	54	35,80	104	63,90
5	4,75	55	36,35	105	64,51
6	5,12	56	36,90	106	64,91
7	5,87	57	37,56	107	65,52
8	6,60	58	38,10	108	66,14
9	7,33	59	38,63	109	66,53
10	8,04	60	39,29	110	67,14
11	8,74	61	39,82	111	67,75
12	9,43	62	40,35	112	68,36
13	10,14	63	41,00	113	68,74
14	10,84	64	41,52	114	69,35
15	11,52	65	42,17	115	69,96
16	12,19	66	42,68	116	70,33
17	12,85	67	43,33	117	70,94
18	13,53	68	43,84	118	71,55
19	14,17	69	44,49	119	72,15
20	14,83	70	44,99	120	72,52
21	15,49	71	45,63	121	73,12
22	16,14	72	46,13	122	73,72
23	16,78	73	46,77	123	74,08
24	17,41	74	47,26	124	74,68
25	18,09	75	47,90	125	75,28
26	18,71	76	48,38	126	75,89
27	19,37	77	49,02	127	76,23
28	19,98	78	49,50	128	76,83
29	20,63	79	50,13	129	77,43
30	21,22	80	50,61	130	78,03
31	21,87	81	51,24	131	78,37
32	22,51	82	51,71	132	78,97
33	23,14	83	52,34	133	79,56
34	23,71	84	52,97	134	80,16

Tabla I.2. Demanda con cocinas de inducción – DMD_{nCI}

Fuente: EERCSCA

DEMANDA MÁXIMA DIVERSIFICADA DE n COCINAS DE INDUCCIÓN DMD_{nCI}					
# CONSUMIDOR	DMD_{nCI} [kVA]	# CONSUMIDOR	DMD_{nCI} [kVA]	# CONSUMIDOR	DMD_{nCI} [kVA]
35	24,33	85	53,43	135	80,49
36	24,96	86	54,06	136	81,08
37	25,57	87	54,51	137	81,68
38	26,19	88	55,13	138	82,28
39	26,80	89	55,58	139	82,59
40	27,41	90	56,21	140	83,19
41	39,82	91	56,83	141	83,78
42	40,35	92	57,27	142	84,37
43	41,00	93	57,89	143	84,68
44	41,52	94	58,51	144	85,27
45	42,17	95	58,94	145	85,86
46	42,68	96	59,56	146	86,46
47	43,33	97	59,99	147	86,75
48	43,84	98	60,61	148	87,34
49	44,49	99	61,23	149	87,93
50	44,99	100	61,64	150	88,52

Anexo J. Demanda de máxima de diseño (Usos generales y cocinas de inducción)

Tabla J.1. Demanda de máxima de diseño (Usos generales y cocinas de inducción)

Fuente: EERCSCA

# DE CLIENTES	ESTRATO "A1"	ESTRATO "A"	ESTRATO "B"	ESTRATO "C"	ESTRATO "D"	ESTRATO "E"
	501 - 1000 kWh	311 - 500 kWh	181 - 310 kWh	111 - 180 kWh	61 - 110 kWh	1 - 60 kWh
	DMD (kVA)	DMD (kVA)	DMD (kVA)	DMD (kVA)	DMD (kVA)	DMD (kVA)
1	6,16	5,70	4,22	3,13	2,53	2,06
2	9,85	9,12	6,75	5,01	4,05	3,29
3	13,54	12,53	9,28	6,89	5,56	4,53
4	17,24	15,96	11,81	8,77	7,08	5,76
5	20,78	19,23	14,24	10,57	8,54	6,95
6	23,65	21,60	15,91	11,75	9,43	7,62
7	26,49	24,34	17,97	13,30	10,70	8,67
8	29,56	27,20	20,09	14,88	11,98	9,72
9	32,40	29,92	22,12	16,41	13,23	10,76
10	35,25	32,62	24,14	17,92	14,47	11,77
11	38,10	35,29	26,13	19,42	15,68	12,77
12	40,94	37,98	28,13	20,91	16,89	13,76
13	44,01	40,82	30,23	22,48	18,16	14,80
14	46,85	43,50	32,23	23,97	19,37	15,79
15	49,70	46,17	34,21	25,45	20,58	16,78
16	52,55	48,82	36,18	26,92	21,77	17,75
17	55,39	51,47	38,14	28,38	22,94	18,71
18	58,24	54,13	40,12	29,86	24,14	19,69
19	60,87	56,60	41,96	31,23	25,26	20,61
20	63,93	59,40	44,02	32,75	26,48	21,60
21	66,56	61,89	45,88	34,15	27,62	22,53
22	69,41	64,52	47,83	35,59	28,79	23,48
23	71,81	66,84	49,57	36,91	29,87	24,38
24	72,25	67,78	50,40	37,66	30,58	25,06
25	74,44	69,98	52,07	38,95	31,65	25,96
26	78,82	73,65	54,69	40,80	33,07	27,04
27	81,45	76,15	56,56	42,20	34,21	27,99
28	85,17	79,35	58,86	43,85	35,50	28,98
29	86,48	80,92	60,11	44,87	36,39	29,78
30	89,11	83,34	61,90	46,20	37,46	30,65
31	91,74	85,82	63,75	47,58	38,58	31,57
32	94,37	88,29	65,59	48,96	39,70	32,49
33	96,99	90,76	67,42	50,33	40,82	33,40

Tabla J.2. Demanda de máxima de diseño (Usos generales y cocinas de inducción)

Fuente: EERCSCA

# DE CLIENTES	ESTRATO "A1"	ESTRATO "A"	ESTRATO "B"	ESTRATO "C"	ESTRATO "D"	ESTRATO "E"
	501 - 1000 kWh	311 - 500 kWh	181 - 310 kWh	111 - 180 kWh	61 - 110 kWh	1 - 60 kWh
	DMD (kVA)	DMD (kVA)	DMD (kVA)	DMD (kVA)	DMD (kVA)	DMD (kVA)
34	99,40	93,00	69,09	51,57	41,82	34,22
35	102,03	95,46	70,91	52,93	42,92	35,13
36	104,44	97,76	72,64	54,23	43,99	36,00
37	107,07	100,21	74,45	55,58	45,08	36,90
38	109,47	102,50	76,17	56,87	46,14	37,77
39	112,10	104,95	77,98	58,22	47,23	38,66
40	114,51	107,23	79,68	59,50	48,27	39,52
41	116,92	109,51	81,39	60,78	49,31	40,37
42	119,33	111,79	83,08	62,05	50,35	41,23
43	121,52	113,91	84,68	63,26	51,34	42,05
44	124,14	116,33	86,47	64,59	52,41	42,92
45	126,77	118,75	88,25	65,91	53,48	43,78
46	129,18	121,10	90,03	67,26	54,59	44,71
47	131,81	123,52	91,81	68,58	55,65	45,57
48	134,43	125,92	93,58	69,89	56,70	46,43
49	136,62	128,02	95,15	71,07	57,67	47,23
50	139,03	130,27	96,82	72,32	58,68	48,05
51	141,66	132,77	98,69	73,72	59,83	49,00
52	143,85	134,86	100,25	74,90	60,79	49,79
53	146,04	136,94	101,81	76,07	61,74	50,58
54	148,88	139,59	103,77	77,53	62,93	51,54
55	151,07	141,66	105,32	78,69	63,88	52,33
56	153,70	144,04	107,07	79,98	64,90	53,15
57	155,89	146,23	108,73	81,25	65,96	54,04
58	158,30	148,45	110,37	82,47	66,94	54,84
59	161,15	150,97	112,20	83,80	68,00	55,68
60	163,12	153,00	113,76	85,01	69,01	56,54
61	165,52	155,21	115,39	86,22	69,98	57,33
62	167,93	157,42	117,02	87,42	70,95	58,11
63	170,34	159,75	118,77	88,74	72,04	59,02
64	172,75	161,95	120,39	89,94	73,00	59,79
65	175,16	164,27	122,14	91,26	74,09	60,70
66	182,16	169,67	125,85	93,74	75,88	61,95
67	184,57	172,00	127,60	95,06	76,96	62,85
68	182,16	170,83	127,01	94,90	77,03	63,11
69	184,57	173,15	128,75	96,22	78,12	64,01

Tabla J.3. Demanda de máxima de diseño (Usos generales y cocinas de inducción)

Fuente: EERCSCA

# DE CLIENTES	ESTRATO "A1"	ESTRATO "A"	ESTRATO "B"	ESTRATO "C"	ESTRATO "D"	ESTRATO "E"
	501 - 1000 kWh	311 - 500 kWh	181 - 310 kWh	111 - 180 kWh	61 - 110 kWh	1 - 60 kWh
	DMD (kVA)	DMD (kVA)	DMD (kVA)	DMD (kVA)	DMD (kVA)	DMD (kVA)
70	186,98	175,34	130,35	97,40	79,06	64,77
71	189,39	177,66	132,10	98,72	80,14	65,66
72	191,80	179,83	133,69	99,89	81,08	66,41
73	194,21	182,15	135,43	101,20	82,16	67,31
74	196,40	184,17	136,92	102,31	83,05	68,03
75	198,80	186,49	138,66	103,62	84,12	68,93
76	200,99	188,50	140,15	104,72	85,01	69,64
77	203,40	190,82	141,88	106,03	86,08	70,53
78	205,59	192,82	143,36	107,12	86,96	71,24
79	208,00	195,13	145,09	108,43	88,03	72,13
80	210,19	197,13	146,57	109,52	88,91	72,84
81	212,71	199,52	148,35	110,86	90,00	73,74
82	215,23	201,74	149,97	112,03	90,92	74,47
83	217,09	203,67	151,45	113,18	91,89	75,30
84	218,95	205,60	152,93	114,34	92,86	76,13
85	221,14	207,58	154,38	115,41	93,72	76,82
86	223,33	209,74	156,01	116,65	94,75	77,68
87	225,52	211,72	157,47	117,72	95,60	78,36
88	227,71	213,87	159,09	118,96	96,62	79,22
89	230,99	216,61	161,04	120,32	97,67	80,01
90	234,27	219,52	163,16	121,87	98,89	80,98
91	236,46	221,67	164,79	123,11	99,92	81,84
92	238,65	223,64	166,22	124,16	100,75	82,51
93	240,84	225,79	167,85	125,40	101,78	83,36
94	243,03	227,93	169,47	126,63	102,80	84,22
95	245,22	229,89	170,90	127,68	103,63	84,88
96	247,41	232,04	172,52	128,91	104,65	85,73
97	249,60	233,99	173,94	129,95	105,47	86,39
98	251,79	236,13	175,56	131,18	106,49	87,24
99	253,98	238,28	177,18	132,41	107,50	88,09
100	256,17	240,22	178,59	133,44	108,32	88,74
101	258,36	242,36	180,21	134,67	109,33	89,58
102	260,55	244,51	181,83	135,90	110,35	90,43
103	262,74	246,44	183,23	136,93	111,16	91,07
104	264,93	248,58	184,85	138,15	112,17	91,92
105	267,12	250,72	186,46	139,38	113,18	92,76

Tabla J.4. Demanda de máxima de diseño (Usos generales y cocinas de inducción)

Fuente: EERCSCA

# DE CLIENTES	ESTRATO "A1"	ESTRATO "A"	ESTRATO "B"	ESTRATO "C"	ESTRATO "D"	ESTRATO "E"
	501 - 1000 kWh	311 - 500 kWh	181 - 310 kWh	111 - 180 kWh	61 - 110 kWh	1 - 60 kWh
	DMD (kVA)	DMD (kVA)	DMD (kVA)	DMD (kVA)	DMD (kVA)	DMD (kVA)
106	269,31	252,65	187,86	140,40	113,98	93,40
107	271,49	254,79	189,47	141,62	114,99	94,24
108	273,68	256,93	191,09	142,85	116,01	95,08
109	275,87	258,84	192,48	143,85	116,80	95,71
110	278,06	260,98	194,09	145,08	117,81	96,55
111	280,25	263,12	195,70	146,30	118,81	97,39
112	282,44	265,25	197,31	147,53	119,82	98,23
113	284,63	267,16	198,69	148,52	120,61	98,85
114	286,82	269,30	200,30	149,74	121,61	99,69
115	289,01	271,43	201,90	150,97	122,62	100,53
116	291,20	273,33	203,28	151,95	123,39	101,13
117	293,39	275,47	204,88	153,17	124,40	101,97
118	295,58	277,60	206,49	154,39	125,40	102,81
119	297,77	279,73	208,10	155,61	126,41	103,65
120	299,96	281,62	209,46	156,59	127,17	104,24
121	302,15	283,75	211,06	157,81	128,17	105,08
122	304,34	285,88	212,67	159,03	129,18	105,91
123	306,53	287,76	214,02	160,00	129,93	106,50
124	308,72	289,89	215,62	161,21	130,93	107,33
125	310,91	292,02	217,23	162,43	131,93	108,17
126	313,09	294,15	218,83	163,64	132,94	109,00
127	315,28	296,02	220,17	164,60	133,68	109,58
128	317,47	298,15	221,77	165,82	134,68	110,41
129	319,66	300,27	223,37	167,03	135,68	111,24
130	321,85	302,40	224,97	168,24	136,68	112,07
131	324,04	304,26	226,31	169,19	137,41	112,64
132	326,23	306,39	227,90	170,41	138,41	113,47
133	328,42	308,51	229,50	171,62	139,41	114,30
134	330,61	310,64	231,10	172,83	140,40	115,13
135	332,80	312,49	232,43	173,77	141,13	115,69
136	334,99	314,61	234,02	174,98	142,12	116,52
137	337,18	316,73	235,62	176,19	143,12	117,34
138	339,37	318,86	237,21	177,40	144,11	118,17
139	341,56	320,70	238,53	178,33	144,83	118,72
140	343,75	322,82	240,12	179,53	145,82	119,54
141	345,94	324,94	241,72	180,74	146,81	120,37



Tabla J.5. Demanda de máxima de diseño (Usos generales y cocinas de inducción)

Fuente: EERCSCA

# DE CLIENTES	ESTRATO "A1"	ESTRATO "A"	ESTRATO "B"	ESTRATO "C"	ESTRATO "D"	ESTRATO "E"
	501 - 1000 kWh	311 - 500 kWh	181 - 310 kWh	111 - 180 kWh	61 - 110 kWh	1 - 60 kWh
	DMD (kVA)	DMD (kVA)	DMD (kVA)	DMD (kVA)	DMD (kVA)	DMD (kVA)
142	348,13	327,06	243,31	181,95	147,81	121,20
143	350,32	328,89	244,61	182,87	148,51	121,73
144	352,51	331,01	246,21	184,08	149,50	122,56
145	354,69	333,13	247,80	185,28	150,49	123,38
146	356,88	335,25	249,39	186,49	151,49	124,20
147	359,07	337,07	250,68	187,40	152,18	124,73
148	361,26	339,18	252,27	188,60	153,17	125,55
149	363,45	341,30	253,86	189,80	154,16	126,37
150	365,64	343,42	255,45	191,01	155,15	127,20



Anexo L. Cámaras eléctricas para transformadores < 24kV

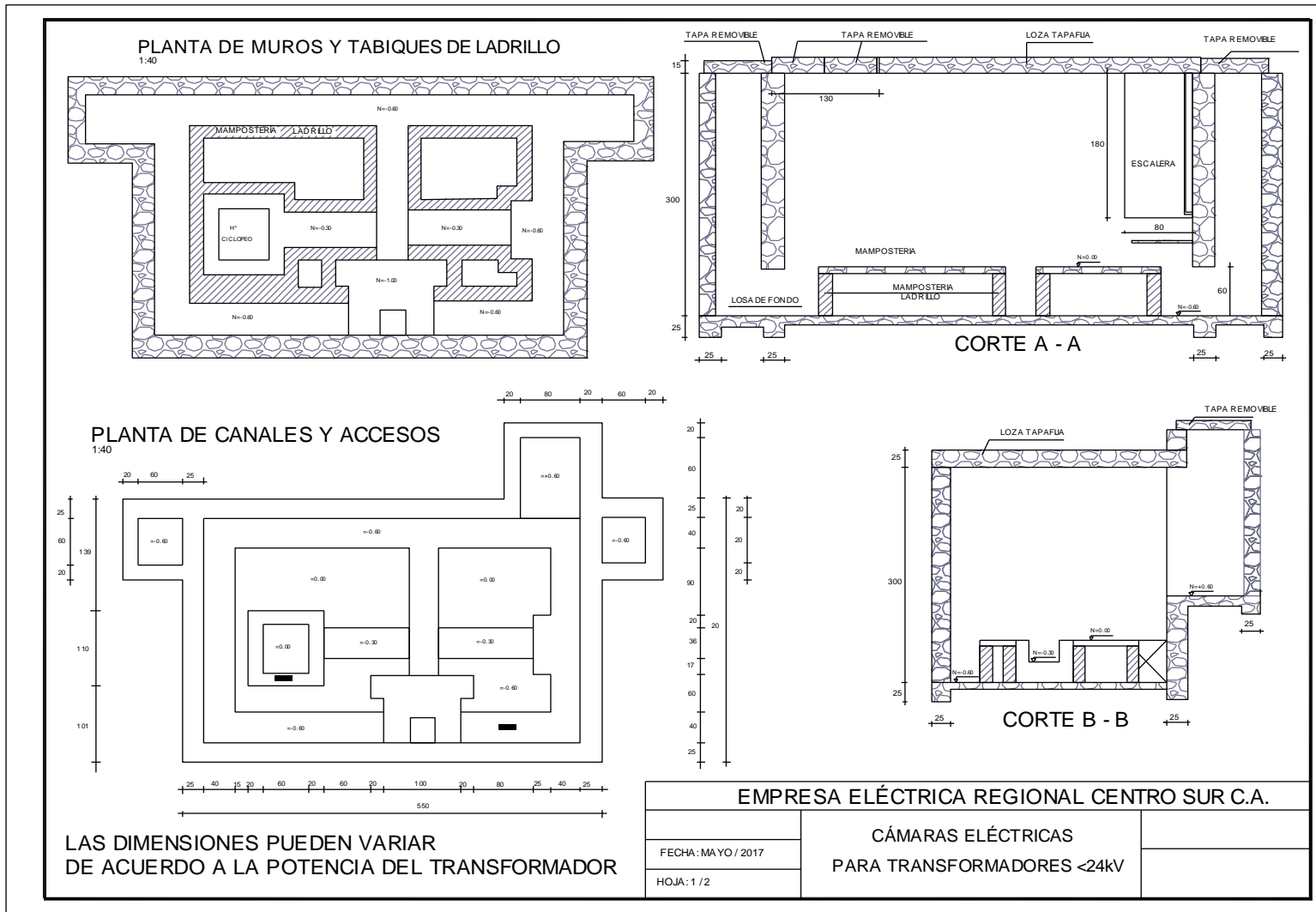
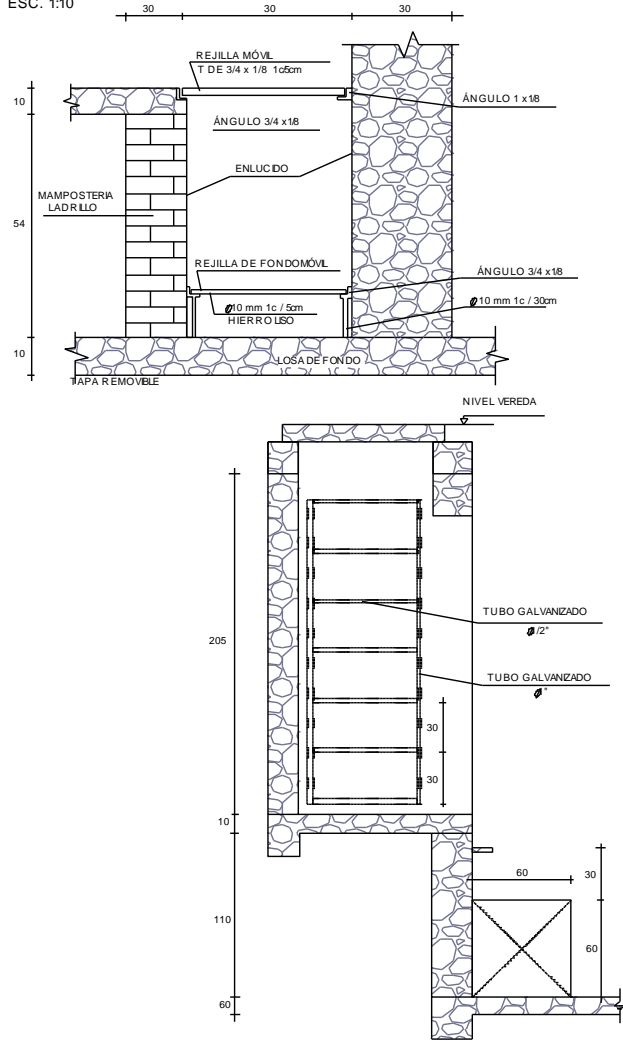


Ilustración L.1. Cámaras eléctricas para transformadores < 24kV. (1/2)

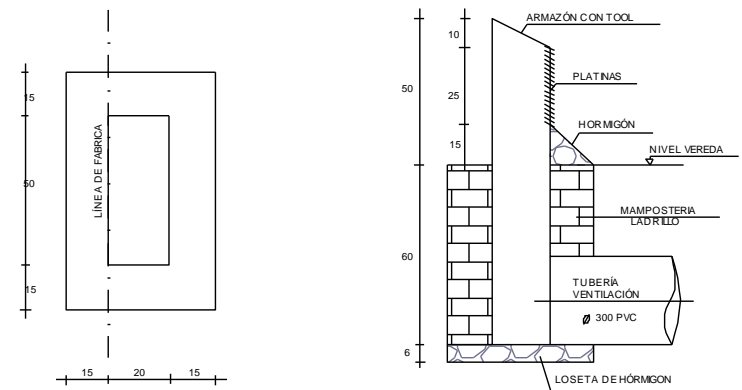
DETALLE DE REJILLAS EN CANALETAS

ESC. 1:10



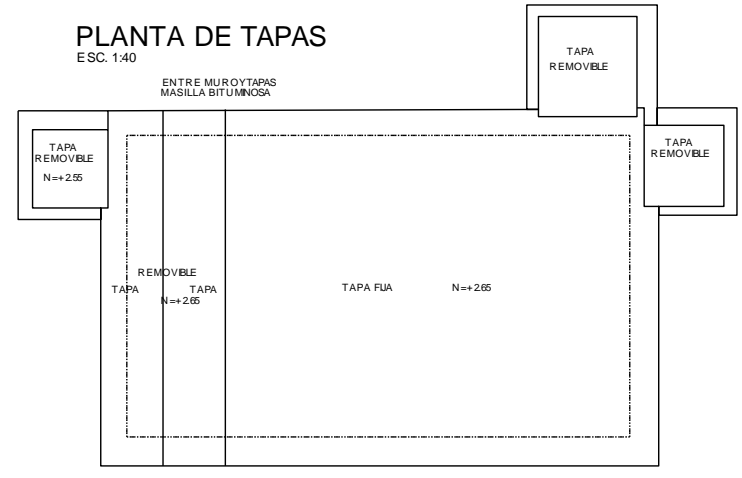
CAJA DE CONEXIÓN Y SALIDA DE AIRE

ESC. 1:15



PLANTA DE TAPAS

ESC. 1:40



EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTRO SUR C.A.

CÁMARAS ELÉCTRICAS
PARA TRANSFORMADORES <24kV

FECHA: MAYO / 2017
HOJA: 2 / 2

Ilustración L.2. Cámaras eléctricas para transformadores < 24kV. (2/2)



Anexo M. Cámaras de barrajes (Pozos tipo E)

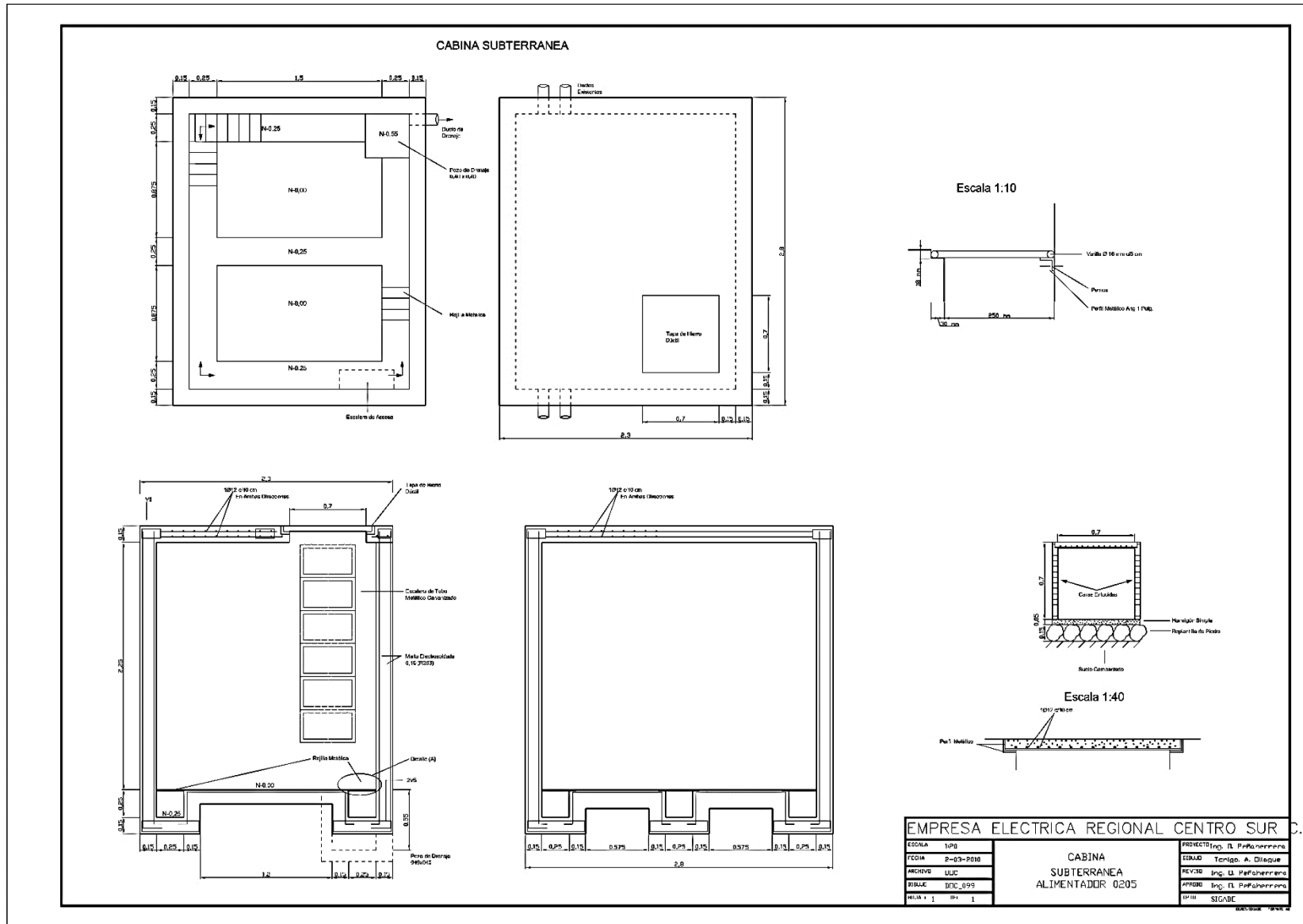
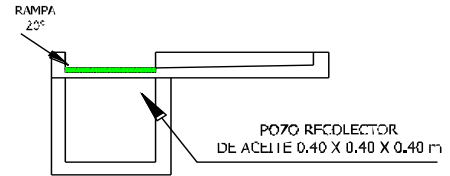
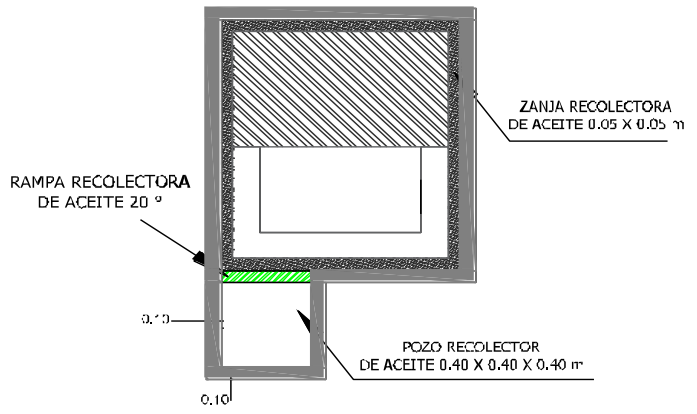
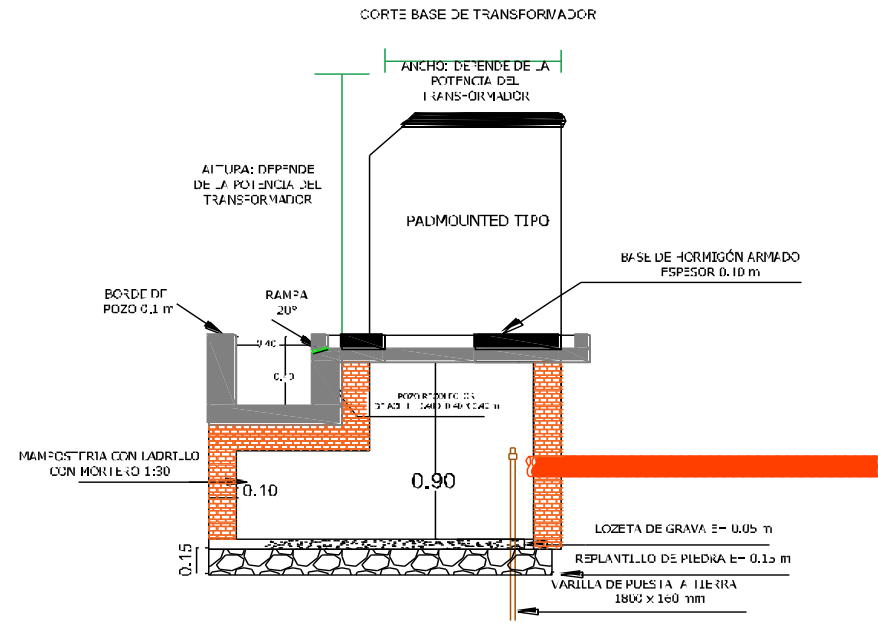


Ilustración M.1. Cámaras de barrajes (Pozos tipo E)



Anexo N. Modelo de transformador padmounted sin zanja de recolección de aceite.



LAS DIMENSIONES PUEDEN VARIAR DE ACUERDO A LA POTENCIA DEL TRANSFORMADOR

EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTRO SUR C.A.		
	TRANSFORMADOR	
FECHA: MAYO / 2017	PADMOUNTED NUEVO MODELO	
HOJA: 1 / 1		

Ilustración N.1. Modelo de transformador padmounted sin zanja de recolección de aceite.