



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE ELECTRICIDAD

**IMPLEMENTACIÓN DEL NFPA 70 (NEC 2023) EN
EL DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE
BAJO VOLTAJE**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Eléctrico

**AUTORES: JOE CESAR PADILLA GARCIA
DAVID ALEXANDER ALVARRACIN MOROCHO**

TUTOR: ING. JORGE LUIS ROJAS ESPINOZA MGTR.

Cuenca - Ecuador

2026

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO
DE
TITULACIÓN**

Nosotros, Joe Cesar Padilla Garcia con documento de identificación N°0150338192 y David Alexnader Alvarracin Morocho con documento de identificación N°0107131492 manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 04 de febrero del 2026

Atentamente,



Joe Cesar Padilla Garcia
0150338192



David Alexander Alvarracin Morocho
0107131492

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL
TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Joe Cesar Padilla Garcia con documento de identificación N° 0150338192 y David Alexander Alvarracin Morocho con documento de identificación N°0107131492, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del proyecto técnico: "Implementación del NFPA 70 (NEC 2023) en el diseño de instalaciones eléctricas de bajo voltaje" el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 04 de febrero del 2026

Atentamente,



Joe Cesar Padilla Garcia
0150338192



David Alexander Alvarracin Morocho
0107131492

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Jorge Luis Rojas Espinoza con documento de identificación N°0301575866, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: "implementación del NFPA 70 (NEC 2023) en el diseño de instalaciones eléctricas de bajo voltaje" realizado por Joe Cesar Padilla Garcia con documento de identificación N°0150338192 y por David Alexander Alvarracin Morocho con documento de identificación N°0107131492, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 04 de Febrero del 2026

Atentamente,

Jorge Rojas Espinoza

02/04/2026

Ing. Jorge Luis Rojas Espinoza Mgtr.
0301575866

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo aplicar el National Electrical Code NEC 2023 en el diseño eléctrico integral de una vivienda unifamiliar, un local comercial y una estación de carga para movilidad eléctrica, evaluando su compatibilidad técnica con la normativa vigente en el Ecuador, en particular la Regulación ARCONEL 009 2024 y el Código Eléctrico Ecuatoriano CEE INEN.

La investigación se desarrolla a partir de la necesidad de fortalecer la seguridad eléctrica y garantizar instalaciones confiables frente al incremento de la demanda energética, la incorporación de cargas no lineales y el proceso de transición hacia la electromovilidad a nivel nacional.

Para ello, se efectuó un análisis técnico de los requerimientos establecidos en el NEC 2023 relacionados con el cálculo de cargas, la selección de conductores, la coordinación de protecciones, los métodos de alambrado y los sistemas de puesta a tierra. Estos criterios fueron aplicados en el desarrollo de los diseños eléctricos mediante AutoCAD, incluyendo planos unifilares, diagramas de carga, cuadros de cargas y esquemas de distribución de circuitos para cada edificación.

Finalmente, se realizó un análisis comparativo entre los resultados obtenidos bajo el NEC 2023 y las disposiciones de la normativa ecuatoriana, identificando diferencias relevantes en el dimensionamiento de conductores, requisitos de protección AFCI y GFCI, criterios de caída de tensión y configuraciones de puesta a tierra. Los resultados permiten evidenciar oportunidades de armonización normativa orientadas a mejorar la seguridad operativa, prevenir sobrecargas y aumentar la confiabilidad de las instalaciones eléctricas modernas en el contexto ecuatoriano.

ABSTRACT

This research focuses on the application of the National Electrical Code NEC 2023 in the comprehensive electrical planning of a residential building, a commercial installation, and a level 2 electric vehicle charging infrastructure. The study evaluates the technical alignment of this approach with the regulatory framework in force in Ecuador, with emphasis on ARCONEL Regulation 009 2024 and the CEE INEN standards. The work responds to the growing demand for safer electrical systems, considering the increase in energy consumption, the presence of nonlinear loads, and the ongoing national shift toward electric mobility.

The study develops a technical assessment of the requirements established by NEC 2023, addressing aspects such as load determination, conductor sizing, protection against overcurrent and arc faults, wiring arrangements, and grounding configurations. These technical criteria were applied in the preparation of electrical documentation using AutoCAD, including single line diagrams, load tables, circuit layouts, and protection coordination schemes.

A comparative evaluation was conducted between the results obtained through NEC based criteria and those defined by Ecuadorian regulations. The analysis highlights relevant differences related to conductor dimensioning, AFCI and GFCI protection provisions, allowable voltage drop limits, and grounding practices. The outcomes indicate that the structured adoption of NEC principles can contribute to improved operational safety,

mitigation of overload conditions, and increased reliability of low voltage electrical installations within the Ecuadorian context.

PALABRAS CLAVES TEMÁTICAS

NFPA 70

NEC 2023

NEMA

AFCI

GFCI

EVSE

Electromovilidad

Arc-fault

Ground-fault

Bonding

Aterrizaje

Selectividad

Coordinación

Sobrecorriente

ÍNDICE

1	OBJETIVOS	6
1.1	Objetivo General	6
1.2	Objetivos Específicos	6
2	Estado del Arte	7
2.1	Códigos de seguridad eléctrica y diseño en baja tensión	7
2.1.1	Normativas internacionales aplicables	7
2.1.2	2.1.2 Principios de diseño seguro	7
2.1.3	2.1.3 Protección contra fallas y riesgos eléctricos	8
2.1.4	2.2 Aplicación del NEC en el diseño de instalaciones eléctricas de bajo voltaje	9
2.1.4.1	2.2.1 Dimensionamiento de conductores	9
2.1.4.2	2.2.2 Selección de protecciones	9
2.1.4.3	2.2.3 Puesta a tierra y equipotencialidad	10
2.1.4.4	2.2.4 Integración de nuevas tecnologías	10
2.1.5	2.3 Convergencias y diferencias entre NEC 2023 y otras normas internacionales	10
2.1.6	2.4 Normativa técnica ecuatoriana aplicable a instalaciones de bajo voltaje	11
2.1.7	Limitaciones y vacíos normativos	11
2.2	Experiencias de implementación de NEC y normas afines en proyectos reales	11
3	METODOLOGIA	13
3.1	Enfoque metodológico	13
3.2	Normativa utilizada y justificación	14
3.2.1	Normativa ecuatoriana aplicable	14
3.2.2	Normativa internacional de referencia	15
3.3	Tipo de investigación	15
3.4	Procedimiento metodológico	15
3.4.1	Fase 1: Revisión normativa y documental	15

3.4.2	Fase 2: Levantamiento de requerimientos y definición de parámetros eléctricos	16
3.4.3	Fase 3: Diseño eléctrico	17
3.4.4	Fase 4: Análisis comparativo	17
3.5	Validación técnica	17
3.6	Síntesis metodológica	18
4	APLICACIÓN DE LA NFPA 70 (NEC 2023) EN EL DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL	19
4.1	Introducción	19
4.1.1	Enfoque normativo y alcance del diseño residencial	19
4.2	Características generales de la vivienda	20
4.3	Alcance del diseño eléctrico residencial	20
4.4	Criterios generales del diseño eléctrico residencial según NEC 2023	21
4.5	Definición de circuitos eléctricos residenciales según NEC 2023	22
4.6	Dispositivos de protección en instalaciones eléctricas residenciales según NEC 2023	23
4.6.1	Configuración de la instalación eléctrica y disposición de tableros de distribución	24
4.6.2	Tipo, modelo y características de los tableros de distribución utilizados	25
4.6.2.0.1	Modelo típico de tablero residencial.	25
4.6.2.0.2	Separación de neutro y puesta a tierra.	26
4.6.2.0.3	Capacidad y disposición interna.	26
4.6.2.0.4	Criterio técnico de selección.	26
4.6.2.0.5	Subpanel TD-1: planta alta y área de garaje.	26
4.6.2.0.6	Subpanel TD-2: planta baja o sótano.	27
4.6.2.0.7	Tipo de tablero y gabinete utilizado.	28
4.6.2.0.8	Criterio general de diseño.	28
4.6.3	Diseño eléctrico del subpanel TD-2 correspondiente a la planta baja (sótano)	28
4.6.3.1	Identificación y clasificación de cargas	29
4.6.3.2	Aplicación de factores de demanda	30
4.6.3.3	Cargas continuas y criterio del 125 %	30
4.6.3.4	Protección general del subpanel TD-2	30
4.6.3.5	Dimensionamiento del alimentador	31
4.6.3.6	Resumen del diseño del subpanel TD-2	31
4.6.4	Cálculo de cargas del subpanel TD-2 (Planta Baja / Basement)	31
4.6.4.1	Carga general por área (NEC 220.12)	31

4.6.4.2	Cargas adicionales consideradas en el subpanel TD-2	32
4.6.4.3	Subtotal de carga del Basement antes de factores de demanda	33
4.6.4.4	Aplicación del factor de demanda (NEC 220.42)	33
4.6.4.5	Corriente estimada del subpanel TD-2	34
4.6.4.6	Dimensionamiento de protecciones del subpanel TD-2	35
4.6.4.6.1	Criterio de carga continua (125 %).	35
4.6.4.6.2	Selección del interruptor principal del subpanel (OCPD).	35
4.6.4.6.3	Selección del conductor del alimentador del subpanel.	35
4.6.4.6.4	Conductor de puesta a tierra del equipo (EGC).	36
4.6.4.6.5	Resultado del dimensionamiento del TD-2.	36
4.6.5	4.6.3 Cálculo de cargas del subpanel TD-1 (Planta Alta)	37
4.6.5.1	Carga general por área (NEC 220.12)	37
4.6.5.2	Cargas obligatorias y específicas del subpanel TD-1	37
4.6.5.3	Electrodomésticos fijos (NEC 220.53)	39
4.6.5.4	Subtotal de carga del TD-1 antes de factores de demanda	39
4.6.5.5	Aplicación del factor de demanda (NEC 220.42)	39
4.6.5.6	Corriente estimada del subpanel TD-1	40
4.6.5.7	Dimensionamiento de protecciones del subpanel TD-1	40
4.6.6	Cálculo de la demanda eléctrica total del proyecto	41
4.6.6.1	Demanda por subpanel	42
4.6.6.2	Demanda total del sistema	42
4.6.6.3	Cálculo de la corriente total del sistema	42
4.6.6.4	Selección del interruptor principal y conductores	42
4.6.7	Sistema de puesta a tierra del proyecto	43
4.6.7.1	Configuración del sistema de puesta a tierra	43
4.6.7.2	Electrodo de puesta a tierra	43
4.6.7.3	Dimensionamiento del conductor de puesta a tierra	43
4.6.7.4	Conductor de puesta a tierra del equipo (EGC)	44
4.6.8	Tablero de distribución principal (Main Panel)	44
4.6.8.1	Características generales del tablero principal	44
4.6.8.2	Interruptor principal del servicio	44
4.6.8.3	Alimentación hacia los subpaneles	45
4.6.8.4	Tipo de gabinete del tablero	45
4.6.9	Clasificación NEMA 1 de los gabinetes eléctricos	45

4.6.10	Sistema de puesta a tierra del proyecto	46
4.6.11	Configuración del sistema de puesta a tierra	46
4.6.11.1	Configuración en el tablero principal y subpaneles	46
4.6.11.2	Tipo de conductores empleados en el sistema de puesta a tierra	47
4.6.11.2.1	Configuración en los subpaneles TD-1 y TD-2.	47
4.6.11.2.2	Electrodo de puesta a tierra.	48
4.6.11.2.3	Criterio normativo y de seguridad.	48
4.6.11.3	Electrodos de puesta a tierra	48
4.6.11.4	Conductores de puesta a tierra del equipo	48
4.6.11.5	Criterio de seguridad del sistema	49
4.6.12	Especificación de conductores y cableado tipo NM-B (Romex)	49
4.6.12.1	Calibres de conductores utilizados	49
4.6.12.2	Identificación por color de la chaqueta del cable NM-B	50
4.6.12.3	Identificación de conductores internos	50
4.6.12.4	Aplicación en el proyecto	50
4.6.13	Diagrama unifilar del sistema eléctrico	51
4.7	APLICACIÓN DE LA NORMATIVA NEC 2023 EN INSTALACIONES COMERCIALES	51
4.7.1	Introducción	51
4.7.2	Enfoque normativo y alcance	52
4.7.3	Clasificación del tipo de ocupación	52
4.7.4	Metodología de cálculo de carga eléctrica	53
4.7.5	Criterios normativos adoptados para el cálculo de cargas	53
4.7.5.1	Carga de iluminación general por área (NEC 220.42)	54
4.7.5.1.1	Datos de entrada.	54
4.7.5.1.2	Procedimiento de cálculo (evidencia).	54
4.7.5.1.3	Resultado.	55
4.7.5.2	Carga de tomacorrientes (NEC 220.14)	55
4.7.5.2.1	Datos de entrada (según hoja de Excel).	55
4.7.5.2.2	Procedimiento de cálculo (evidencia).	55
4.7.5.2.3	Resultado.	56
4.7.5.3	Carga de equipos de fuerza (NEC 220.50)	56
4.7.5.3.1	Datos de entrada (según tabla de cálculo en Excel).	56
4.7.5.3.2	Procedimiento de cálculo (evidencia).	56
4.7.5.3.3	Resultado.	57
4.7.5.4	Sumatoria de cargas del local comercial (NEC Art. 220)	57

4.7.5.4.1	Valores obtenidos.	57
4.7.5.4.2	Procedimiento de cálculo (evidencia).	57
4.7.5.4.3	Resultado.	57
4.7.5.5	Cálculo de carga del tablero TD1 (NEC Art. 220)	58
4.7.5.5.1	Cargas asignadas al tablero TD1.	58
4.7.5.5.2	Procedimiento de cálculo.	58
4.7.5.5.3	Resultado.	58
4.7.5.6	Cálculo de la corriente del tablero TD1	58
4.7.5.6.1	Expresión utilizada.	59
4.7.5.6.2	Sustitución de valores.	59
4.7.5.6.3	Resultado.	59
4.7.5.7	Aplicación del factor del 125 % al tablero TD1	59
4.7.5.7.1	Expresión utilizada.	59
4.7.5.7.2	Sustitución de valores.	60
4.7.5.7.3	Resultado.	60
4.7.5.8	Selección del interruptor automático del tablero TD1	60
4.7.5.8.1	Criterio de selección.	60
4.7.5.8.2	Interruptor seleccionado.	60
4.7.5.9	Selección del alimentador del tablero TD1	61
4.7.5.9.1	Criterio de selección.	61
4.7.5.9.2	Conductor seleccionado.	61
4.7.5.9.3	Conductor de puesta a tierra.	61
4.7.5.10	Verificación de la caída de tensión del alimentador del tablero TD1	62
4.7.5.10.1	Expresión utilizada.	62
4.7.5.10.2	Sustitución de valores.	62
4.7.5.10.3	Resultado.	62
4.7.5.11	Cierre técnico del análisis del tablero TD1	62
4.7.5.12	Cálculo de carga del tablero TD2 (NEC Art. 220)	63
4.7.5.12.1	Cargas asignadas al tablero TD2.	63
4.7.5.12.2	Procedimiento de cálculo.	64
4.7.5.12.3	Resultado.	64
4.7.5.13	Cálculo de la corriente del tablero TD2	64
4.7.5.13.1	Expresión utilizada.	64
4.7.5.13.2	Sustitución de valores.	64
4.7.5.13.3	Resultado.	64
4.7.5.14	Aplicación del factor del 125 % al tablero TD2	65

4.7.5.14.1	Expresión utilizada.	65
4.7.5.14.2	Sustitución de valores.	65
4.7.5.14.3	Resultado.	65
4.7.5.15	Selección del interruptor automático del tablero TD2 . . .	65
4.7.5.15.1	Criterio de selección.	65
4.7.5.15.2	Interruptor seleccionado.	66
4.7.5.16	Selección del alimentador del tablero TD2	66
4.7.5.16.1	Criterio de selección.	66
4.7.5.16.2	Conductor seleccionado.	66
4.7.5.16.3	Conductor de puesta a tierra.	67
4.7.5.17	Verificación de la caída de tensión del alimentador del tablero TD2	67
4.7.5.17.1	Expresión utilizada.	67
4.7.5.17.2	Sustitución de valores.	67
4.7.5.17.3	Resultado.	67
4.7.5.18	Cierre técnico del análisis del tablero TD2	68
4.7.6	Cierre general del capítulo de aplicación de la normativa NEC 2023	68
4.8	APLICACIÓN DE LA NFPA 70 (NEC 2023) EN EL DISEÑO ELÉC- TRICO DE UNA ELECTROLINERA NIVEL 2	71
4.9	Introducción	71
4.10	Descripción general de la electrolinera	72
4.11	Alcance del diseño eléctrico	73
4.12	Marco normativo aplicable	73
4.13	Características técnicas de los equipos EVSE	74
4.13.1	Clasificación de la carga EVSE como carga continua	75
4.13.2	Cálculo de la carga eléctrica de la electrolinera	76
4.13.3	Diseño de los circuitos derivados para los cargadores EVSE	77
4.13.4	Selección del panel de distribución EV	78
4.13.4.1	Dimensionamiento de los circuitos derivados EVSE	80
4.13.4.2	Potencia eléctrica por cargador EVSE	80
4.13.4.3	Dimensionamiento de la demanda total de la electrolinera	81
4.13.4.4	Potencia total instalada y potencia de diseño	81
4.13.4.5	Selección del panel de distribución EV	82
4.13.4.6	Cálculo de la caída de tensión del alimentador principal .	82
4.13.4.6.1	Datos de diseño	82
4.13.4.6.2	Parámetros eléctricos del conductor	83
4.13.4.6.3	Impedancia equivalente	83

4.13.4.6.4	Cálculo de la caída de tensión	83
4.13.4.6.5	Caída de tensión porcentual	83
4.13.4.6.6	Verificación	84
4.13.4.7	Cálculo de la caída de tensión en circuitos derivados EVSE	84
4.13.4.7.1	Datos del circuito EVSE	84
4.13.4.7.2	Parámetros eléctricos del conductor	84
4.13.4.7.3	Impedancia equivalente	84
4.13.4.7.4	Caída de tensión	85
4.13.4.7.5	Caída de tensión porcentual	85
4.13.4.7.6	Verificación	85
4.13.4.8	Dimensionamiento del alimentador principal del Panel EV	85
4.13.4.8.1	Selección del conductor del alimentador	85
4.13.4.8.2	Conductor de puesta a tierra del equipo	86
4.13.4.9	Canalización del alimentador y verificación de llenado . . .	86
4.13.4.10	Verificación de caída de tensión	87
4.13.4.11	Equipo EVSE seleccionado	88
4.13.4.12	Verificación de caída de tensión en un circuito derivado EVSE	90
4.13.4.12.1	Datos del circuito EVSE representativo	90
4.13.4.12.2	Impedancia equivalente del conductor	91
4.13.4.12.3	Cálculo de caída de tensión	91
4.13.4.12.4	Resultado	91
4.13.4.13	Ubicación del EVSE y referencia de longitud del circuito .	91
4.13.4.14	Resumen del dimensionamiento eléctrico de la electrolinera	92
4.13.4.15	Vinculación con el diagrama unifilar y notas normativas .	93

5 APLICACIÓN DE LA NORMATIVA ECUATORIANA EN EL DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL 95

5.1	Introducción	95
5.2	Alcance del diseño residencial bajo normativa ecuatoriana	97
5.3	Clasificación del suministro y nivel de tensión	98
5.4	Marco normativo ecuatoriano aplicable	98
5.5	Clasificación del suministro y nivel de voltaje	99
5.6	Criterios de seguridad eléctrica en bajo voltaje	101
5.7	Identificación y clasificación de cargas	102
5.7.1	Cargas de iluminación	102
5.7.2	Cargas de tomacorrientes de uso general	103
5.7.3	Cargas especiales de fuerza	103

5.7.4	Criterios de clasificación de las cargas	104
5.8	Metodología de cálculo de cargas	104
5.8.1	Determinación de la potencia instalada	104
5.8.2	Aplicación de factores de demanda y simultaneidad	105
5.8.3	Cálculo de la potencia aparente	105
5.8.4	Cálculo de la corriente de diseño	105
5.9	Cálculo del tablero de distribución TD1	106
5.9.1	Potencia instalada del tablero TD1	106
5.9.2	Determinación de la demanda del tablero TD1	107
5.9.3	Potencia aparente demandada del tablero TD1	107
5.9.4	Cálculo de la corriente de diseño del tablero TD1	108
5.9.5	Verificación de la caída de tensión	108
5.9.6	Conclusión técnica del tablero TD1	108
5.10	Cálculo del tablero de distribución TD2	109
5.10.1	Potencia instalada del tablero TD2	109
5.10.2	Determinación de la demanda del tablero TD2	109
5.10.3	Potencia aparente demandada del tablero TD2	110
5.10.4	Cálculo de la corriente de diseño del tablero TD2	110
5.10.5	Verificación de la caída de tensión	111
5.10.6	Conclusión técnica del tablero TD2	111
5.11	Demanda eléctrica total del proyecto (TD1 y TD2)	111
5.12	Selección del interruptor general del proyecto	112
5.13	Verificación de la capacidad del transformador de suministro	113
5.14	Dimensionamiento del alimentador principal del proyecto	113
5.15	Sistema de puesta a tierra del proyecto	114
5.16	Conclusión general del diseño eléctrico residencial	116
5.17	APLICACIÓN DE LA NORMATIVA ECUATORIANA EN EL DISEÑO ELÉCTRICO COMERCIAL	117
5.18	Introducción	117
5.19	Alcance del diseño eléctrico comercial	117
5.20	Identificación y clasificación de cargas eléctricas comerciales	118
5.20.1	Cargas de iluminación	118
5.20.2	Cargas de tomacorrientes de uso general	119
5.20.3	Cargas especiales de fuerza	119
5.20.4	Criterios de clasificación de las cargas	120
5.21	Cálculo del tablero de distribución comercial	120
5.21.1	Potencia instalada del tablero comercial	121

5.21.2	Determinación de la demanda eléctrica	121
5.21.3	Cálculo de la corriente de diseño	122
5.21.4	Verificación de la caída de tensión	122
5.21.5	Conclusión técnica del tablero comercial	123
5.22	Selección y justificación del transformador de alimentación	123
5.23	Sistema de protecciones eléctricas del proyecto comercial	124
5.23.1	Protección general del tablero comercial	125
5.23.2	Protección de circuitos derivados	125
5.23.3	Criterios de coordinación y selectividad	126
5.23.4	Conclusión técnica del sistema de protecciones	126
5.24	Sistema de puesta a tierra del proyecto comercial	126
5.25	Planos eléctricos y diagrama unifilar del proyecto comercial	128
5.26	Cierre técnico del diseño eléctrico comercial	129
5.27	APLICACIÓN DE NORMATIVA TÉCNICA EN EL DISEÑO ELÉCTRICO DE UNA ELECTROLINERA EN EL ECUADOR	130
5.28	Introducción	130
5.29	Marco normativo aplicable al diseño de electrolineras	130
5.30	Clasificación del suministro y nivel de tensión	131
5.31	Clasificación de la electrolinera	131
5.31.1	Características eléctricas generales de la electrolinera	132
5.31.2	Criterios normativos aplicados al diseño de la electrolinera	132
5.31.3	Sistema de protecciones eléctricas de la electrolinera	133
5.31.4	Sistema de puesta a tierra de la electrolinera	134
5.31.5	Conductores eléctricos y esquema de conexión de la electrolinera	135
5.31.6	Cierre técnico del diseño eléctrico de la electrolinera	135

6 ANÁLISIS DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y APORTES DEL ESTUDIO COMPARATIVO NORMATIVO 137

6.1	Introducción	137
6.1.1	Descripción general del análisis comparativo realizado	138
6.1.2	Análisis de resultados	140
6.1.3	Discusión de resultados	141
6.1.4	Comparación técnica normativa en instalaciones residenciales	143
6.1.5	Discusión técnica del análisis comparativo en instalaciones residenciales	145
6.1.6	Comparación técnica normativa en instalaciones comerciales	146
6.1.7	Discusión técnica del análisis comparativo en instalaciones comerciales	148
6.1.8	Aplicación de sistemas de carga para vehículos eléctricos de nivel 2	149

6.1.9	Discusión técnica del análisis normativo en estaciones de carga . . .	150
6.1.10	Análisis global de resultados normativos en instalaciones residen- ciales, comerciales y estaciones de carga	152
6.2	Conclusiones	153
6.3	Recomendaciones	155
6.4	Líneas de proyección profesional y desarrollo futuro	156
6.5	Trabajos futuros	157
7	Anexos	162
7.0.1	Caso de estudio 1: Diseño eléctrico residencial conforme a NFPA 70 (NEC 2023)	162
7.0.2	Caso de estudio 2: Diseño eléctrico residencial conforme a la nor- mativa ecuatoriana	162
7.0.3	Caso de estudio 3: Diseño eléctrico comercial conforme a NFPA 70 (NEC 2023)	163
7.0.4	Caso de estudio 4: Diseño eléctrico comercial conforme a la norma- tiva ecuatoriana	164
7.0.5	Caso de estudio 5: Diseño eléctrico de una electrolinera de carga para vehículos eléctricos nivel 2	165

ÍNDICE DE FIGURAS

4.1	Cargas eléctricas del subpanel TD-2 (planta baja / sótano) según NFPA 70 – NEC 2023.	36
4.2	Cálculo de la demanda eléctrica del subpanel TD-2 aplicando factores de demanda según NEC 220.42.	36
4.3	Circuitos derivados y protecciones del subpanel TD-2 según NEC 2023 . . .	37
4.4	Aplicación de factores de demanda y demanda eléctrica total del subpanel TD-1 según NEC 220.42.	41
4.5	Cálculo de la demanda eléctrica del subpanel TD-1 aplicando factores de demanda según NEC 220.42.	41
4.6	Circuitos derivados y protecciones del subpanel TD-1 según NEC 2023. . .	41
4.7	Diagrama unifilar del sistema eléctrico residencial conforme a la NFPA 70 – NEC 2023.	51
4.8	Demanda eléctrica del tablero TD1 conforme a la NEC 2023.	70
4.9	Demanda eléctrica del tablero TD2 conforme a la NEC 2023.	70
4.10	Resumen de demanda, corriente, protección y caída de tensión de los tableros TD1 y TD2.	70
4.11	Descripción y selección del equipo EVSE	75
4.12	Equipo EVSE seleccionado y parámetros de operación tomados de la ficha técnica del fabricante.	88
4.13	Cargador EVSE Nivel 2 comercial seleccionado para la electrolinera (Charge-Point CT4000).	89
4.14	Especificaciones eléctricas del cargador EVSE Nivel 2 (corriente nominal, conexión y protección requerida).	90
4.15	Estructura general de diseño eléctrico de la electrolinera Nivel 2 según NEC. . .	94

Índice de tablas

6.1	Comparación técnica normativa entre el NEC 2023 y la normativa ecuatoriana en instalaciones residenciales	144
6.2	Comparación técnica normativa entre el NEC 2023 y la normativa ecuatoriana en instalaciones comerciales	147
6.3	Análisis normativo aplicado al diseño de estaciones de carga para vehículos eléctricos	150

INTRODUCCIÓN

El diseño de instalaciones eléctricas de bajo voltaje constituye un elemento fundamental para garantizar la seguridad de las personas, la confiabilidad del suministro eléctrico y el correcto funcionamiento de los equipos en edificaciones residenciales y comerciales (NEC, 2023). Un diseño inadecuado puede generar riesgos eléctricos asociados a sobrecorrientes, fallas a tierra y arcos eléctricos, los cuales representan una de las principales causas de incidentes eléctricos en instalaciones de baja tensión (NEC, 2023).

A nivel internacional, el *National Electrical Code* (NEC), desarrollado por la *National Fire Protection Association* (NFPA), se ha consolidado como uno de los códigos técnicos más completos y estructurados para el diseño de instalaciones eléctricas de bajo voltaje. En su edición 2023, el NEC establece criterios específicos para la protección contra fallas de arco eléctrico mediante dispositivos *Arc Fault Circuit Interrupter* (AFCI), protección contra fallas a tierra mediante *Ground Fault Circuit Interrupter* (GFCI), así como lineamientos claros para sistemas de puesta a tierra y enlace equipotencial, aspectos clave para la reducción del riesgo eléctrico en edificaciones modernas (NEC, 2023).

Asimismo, el NEC 2023 incorpora disposiciones técnicas para estaciones de carga de vehículos eléctricos, definidas como *Electric Vehicle Supply Equipment* (EVSE), estableciendo requisitos de instalación, protección y seguridad para infraestructuras de carga de nivel 2 en entornos residenciales y comerciales (NEC, 2023, Art. 625). Estas disposiciones resultan especialmente relevantes ante el crecimiento de la electromovilidad y la necesidad de contar con criterios técnicos claros para su correcta implementación.

En el contexto ecuatoriano, las instalaciones eléctricas de bajo voltaje se enmarcan en normas técnicas emitidas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), las cuales establecen parámetros generales relacionados con niveles de tensión, condiciones de suministro y compatibilidad eléctrica. En particular, la Norma Técnica Ecuatoriana

NTE INEN 3098 define los voltajes normalizados y los rangos de operación permitidos para sistemas eléctricos de corriente alterna, constituyendo un marco de referencia básico para el diseño de instalaciones eléctricas en el país (NTE INEN 3098).

No obstante, si bien las normas técnicas nacionales proporcionan lineamientos generales, estas no desarrollan de manera detallada criterios de diseño interno como la selección específica de dispositivos AFCI y GFCI, la coordinación de protecciones ni los requerimientos técnicos aplicables a estaciones de carga para vehículos eléctricos. Esta ausencia de normalización técnica específica genera vacíos en el proceso de diseño de instalaciones eléctricas de bajo voltaje, particularmente en infraestructuras emergentes como las electrolíneas de nivel 2.

Frente a esta situación, el presente trabajo de titulación tiene como objetivo implementar el NEC 2023 en el diseño eléctrico de una vivienda unifamiliar, un local comercial y una estación de carga para vehículos eléctricos de nivel 2, desarrollando una comparación técnica entre los criterios establecidos por el NEC y el marco normativo ecuatoriano de referencia. A partir de esta comparación, se busca evidenciar las ventajas técnicas del NEC 2023 y su aplicabilidad como herramienta para mejorar la seguridad y calidad de los diseños eléctricos de bajo voltaje en el Ecuador.

Finalmente, este estudio pretende contribuir al fortalecimiento de criterios técnicos para el diseño de instalaciones eléctricas en el país, promoviendo la adopción de estándares internacionales que permitan una mayor uniformidad, seguridad y confiabilidad en proyectos residenciales, comerciales y de infraestructura asociada a la electromovilidad (NEC, 2023).

ANTECEDENTES

Diversas investigaciones recientes evidencian la necesidad de fortalecer la seguridad eléctrica y la eficiencia en las instalaciones de baja tensión mediante la aplicación de normas internacionales. Cole [1] aclara que los códigos NFPA 70 [2] y NFPA 70E [2] han sido históricamente subestimados en su alcance, pese a que constituyen herramientas esenciales para estandarizar procedimientos y prevenir riesgos eléctricos. De manera complementaria, Renner y Clatanoff [3] identifican factores críticos en la seguridad de los sistemas eléctricos, como el cumplimiento normativo, la correcta selección de equipos y la capacitación técnica, aspectos directamente vinculados con la aplicación coherente del NEC 2023 [2].

Shenoy, Miller y Thiele [4] destacan la pérdida progresiva del conocimiento técnico en la ingeniería eléctrica y proponen un diagrama de flujo para el dimensionamiento de conductores según el NEC 2023 [2], fortaleciendo las competencias profesionales y la calidad del diseño. En la misma línea, Bierals [5] desarrolla un estudio práctico sobre la interpretación del NEC [2], enfatizando la importancia de comprender sus fundamentos técnicos para prevenir fallas eléctricas. Asimismo, Kostic, Hadziefendic y Kostic [6] plantean una metodología mejorada para las inspecciones periódicas de instalaciones de baja tensión, incorporando verificaciones Termografía y funcionales que coinciden con los principios del NEC 2023 [2] orientados a la confiabilidad y la protección contra incendios. En el contexto regional, Sánchez-Loor y Ayala-Chauvin [7] presentan un modelo predictivo basado en Big Data para estimar la demanda energética del parque automotor eléctrico ecuatoriano, resaltando la necesidad de actualizar las regulaciones nacionales conforme a estándares internacionales. De igual forma, Villamarín-Jácome et al. [8] proponen un plan de integración de energías renovables y almacenamiento, demostrando la urgencia de modernizar las normativas ecuatorianas ARCONEL [9] y CEE-INEN [10] en concordancia con el NEC 2023 [2]. A nivel aplicado, Bermeo et al. [11] y Álvarez, Mendia y Rojas [12] evidencian la viabilidad de implementar proyectos solares y sistemas inteligentes de

alumbrado público bajo las regulaciones locales y las normas internacionales, validando la pertinencia del NEC 2023 [2] en la mejora de la seguridad y eficiencia de las redes de baja tensión. En el ámbito internacional, Liu y Farias [13] comparan los métodos de dimensionamiento del conductor de protección en las normas NEC 2023 [2] e IEC 60364 [14], concluyendo que los cálculos basados únicamente en tablas pueden generar subdimensionamientos peligrosos. Kasikci [15] complementa este enfoque con una guía integral sobre diseño eléctrico según el NEC [2] y la IEC 60364 [14], abarcando criterios de Protección, cortocircuito y caída de tensión. Por su parte, Parise et al. [16] analizan los riesgos de retroalimentación eléctrica (Backfeed) en viviendas con sistemas UPS fuera de línea, subrayando la importancia de aplicar el NEC [2] y la IEC [14] para evitar accidentes eléctricos en redes residenciales. En el campo del diseño y la protección, Mohammadi [17] introduce un nuevo factor de corrección para el cálculo de conductores bajo la norma IEC 60364, mejorando la precisión térmica en presencia de distorsiones armónicas. De manera similar, Yeon et al. [18] desarrollan un método de diseño de cableado de baja tensión para prevenir el sobrecalentamiento por sobrecorriente, optimizando la coordinación entre conductores y dispositivos de protección. Finalmente, Sarker et al. [19] y Martins Jr. et al. [20] aportan estudios sobre la optimización de sistemas de puesta a tierra y la evaluación de la calidad de instalaciones comerciales, confirmando la necesidad de armonizar las normativas latinoamericanas con los estándares IEC y NEC para fortalecer la seguridad y la confiabilidad en las instalaciones eléctricas. Almeida [21] desarrolló una investigación enfocada en el rediseño de la red eléctrica de baja tensión del Hospital del Adulto Mayor, aplicando los lineamientos del National Electrical Code NEC [9] y adaptándolos a la normativa ecuatoriana vigente. El estudio consistió en un levantamiento exhaustivo de los parámetros eléctricos de las instalaciones, con el objetivo de calcular caídas de tensión, dimensionar protecciones y seleccionar el calibre adecuado de los conductores. Asimismo, se consideraron factores como el balance de cargas, la seguridad del sistema y el cumplimiento de los valores admisibles establecidos en la normativa. Este antecedente demuestra la aplicabilidad del NEC como herramienta técnica para el diseño, rediseño y optimización de redes eléctricas de baja tensión, respaldando la pertinencia del presente estudio comparativo entre el NEC 2023 [2] y la Regulación ARCONEL 009/2024 [9]. En conjunto, estos antecedentes consolidan un marco técnico y normativo que respalda la pertinencia del presente proyecto, orientado a analizar la aplicación del NEC 2023 [2] en el diseño de instalaciones eléctricas de baja tensión y su compatibilidad con la normativa ecuatoriana, promoviendo estándares más seguros, eficientes y sostenibles.

JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se justifica por la necesidad de fortalecer la seguridad eléctrica y la eficiencia energética en el Ecuador, a través de la incorporación de normas internacionales actualizadas en el diseño de instalaciones de baja tensión. El National Electrical Code (NEC 2023) representa una referencia técnica de amplio reconocimiento mundial, cuyo enfoque en la protección contra fallas, el dimensionamiento preciso de conductores y la puesta a tierra segura constituye un modelo de buenas prácticas aplicable al contexto nacional. Diversos estudios internacionales respaldan la pertinencia de este enfoque. Cole [1] y Renner [3] subrayan la importancia de los códigos y como instrumentos de seguridad y estandarización, mientras que Shenoy et al. [4] y Bierals [5] destacan el valor del NEC 2023 [2] como herramienta formativa y de aplicación práctica en el diseño eléctrico moderno. En el ámbito regional, Sánchez-Loor y Ayala-Chauvin [7] y Villamarín-Jácome et al. [8] evidencian que la transición hacia infraestructuras más seguras y sostenibles en Ecuador requiere la actualización de los marcos normativos locales, como las regulaciones ARCONEL 009/2024 [9] y CEE INEN [10]. Desde la perspectiva técnica, investigaciones recientes como las de Liu y Farias [13], Kasikci [15] y Mohammadi [17] demuestran la necesidad de revisar los métodos de cálculo de conductores, puesta a tierra y protección térmica para garantizar la integridad de los sistemas eléctricos frente a nuevas condiciones operativas y armónicas. Estas evidencias fortalecen el propósito de este trabajo, que busca analizar la aplicabilidad del NEC 2023 [2] en el entorno ecuatoriano, comparándolo con la normativa vigente para determinar su grado de compatibilidad, sus ventajas técnicas y los posibles puntos de convergencia normativa. De esta manera, la investigación contribuye a la modernización del marco regulatorio eléctrico nacional, promoviendo el cumplimiento de estándares internacionales, la reducción de riesgos de electrocución e incendios, y el uso racional de la energía. Asimismo, ofrece una base metodológica para que futuras políticas públicas, proyectos académicos y desarrollos de ingeniería eléctrica en el país puedan alinearse con criterios de calidad y sostenibilidad reconocidos globalmente, en concordancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente el ODS 7: Energía asequible y no contaminante.

CAPÍTULO 1

OBJETIVOS

1.1 Objetivo General

Aplicar el NEC 2023 en el diseño eléctrico integral de edificaciones modernas —vivienda unifamiliar, comercio y estaciones de carga para movilidad eléctrica— con el fin de garantizar seguridad, eficiencia y cumplimiento normativo mediante simulación y validación técnica.

1.2 Objetivos Específicos

- Estudiar los lineamientos y disposiciones del NEC 2023 aplicables al diseño de instalaciones eléctricas de bajo voltaje, con el fin de comprender los criterios técnicos y de seguridad que regulan su implementación.
- Implementar las disposiciones del NEC 2023 en el diseño y dimensionamiento de instalaciones eléctricas de bajo voltaje, asegurando la correcta selección de conductores, protecciones y sistemas de puesta a tierra para mejorar la eficiencia energética y la sostenibilidad operativa.
- Comparar las disposiciones del NEC 2023 de Estados Unidos con las normativas eléctricas vigentes en Ecuador, identificando similitudes, diferencias y oportunidades de armonización técnica para fortalecer la seguridad, eficiencia y sostenibilidad de las instalaciones eléctricas nacionales.

CAPÍTULO 2

Estado del Arte

2.1 Códigos de seguridad eléctrica y diseño en baja tensión

Los códigos eléctricos constituyen la base para garantizar instalaciones seguras, eficientes y confiables, Su objetivo principal es prevenir riesgos asociados a fallas eléctricas, contactos indirectos, sobrecorrientes y fenómenos térmicos.

2.1.1 Normativas internacionales aplicables

Diversos autores destacan que la seguridad eléctrica depende en gran medida una correcta aplicación de códigos técnicos que son internacionalmente reconocidos. Cole [1] argumenta que el NEC y la NFPA 70E son herramientas fundamentales para mejorar la seguridad en sistemas eléctricos ya que establecen criterios claros de instalación y operación. De manera complementaria. Bierals [5] brinda un análisis comprehensivo del NEC enfatizando su utilidad en el diseño de sistemas de baja tensión. Asimismo la serie IEC 60364 [14] establece procedimientos internacionales para instalaciones eléctricas seguras, mientras que estándares IEEE como IEEE Std 80 y IEEE Std 141 complementan los métodos de diseño en sistemas de puesta a tierra y redes industriales.

2.1.2 2.1.2 Principios de diseño seguro

El diseño de instalaciones eléctricas de bajo voltaje debe basarse en principios de seguridad orientados a proteger a las personas, los equipos y la continuidad del suministro

dentro de la edificación. Estos principios se relacionan con la identificación de riesgos, el cumplimiento de requisitos mínimos de instalación y la verificación de condiciones seguras antes de energizar un sistema eléctrico (NFPA 70 (2023), Art. 110).

Un diseño seguro considera la mitigación de riesgos asociados a sobrecorrientes, fallas a tierra, contactos indirectos y arcos eléctricos. En este sentido, el NEC establece criterios generales de instalación y desempeño seguro, así como disposiciones de protección que deben adoptarse en circuitos y equipos para reducir la probabilidad de incidentes eléctricos (NFPA 70 (2023), Art. 110; NFPA 70 (2023), Art. 240).

La seguridad eléctrica no depende únicamente de los materiales utilizados, sino de la aplicación coherente de criterios normativos sobre selección de conductores, métodos de canalización, protecciones y puesta a tierra, a fin de limitar condiciones peligrosas durante la operación normal y ante fallas (NFPA 70 (2023), Art. 300; NFPA 70 (2023), Art. 310; NFPA 70 (2023), Art. 250).

2.1.3 2.1.3 Protección contra fallas y riesgos eléctricos

La protección contra fallas eléctricas es un componente esencial del diseño de instalaciones de bajo voltaje, debido a que permite detectar condiciones anormales y desconectar el circuito de manera oportuna para limitar daños y reducir riesgos para los usuarios. El NEC establece requisitos para la protección contra sobrecorriente en conductores y equipos, buscando evitar sobrecalentamientos, incendios y fallas catastróficas (NFPA 70 (2023), Art. 240).

En instalaciones residenciales y comerciales, las fallas a tierra representan un riesgo relevante, especialmente en áreas con presencia de humedad o contacto con superficies conductoras. Por ello, el NEC contempla la utilización de protección contra fallas a tierra mediante dispositivos GFCI en ubicaciones específicas, con el propósito de reducir el riesgo de choque eléctrico (NFPA 70 (2023), Art. 210.8).

Asimismo, los arcos eléctricos pueden presentarse por deterioro del aislamiento, conexiones flojas o daños mecánicos en conductores. En respuesta a este riesgo, el NEC contempla la protección AFCI en determinados circuitos, orientada a disminuir la probabilidad de incendios por arco en entornos residenciales (NFPA 70 (2023), Art. 210.12).

2.1.4 2.2 Aplicación del NEC en el diseño de instalaciones eléctricas de bajo voltaje

Una vez establecidos los principios de diseño seguro y los criterios de protección contra fallas, resulta necesaria la aplicación de un marco normativo que permita concretar estos lineamientos en decisiones de diseño. En este contexto, el National Electrical Code en su edición 2023 se emplea como referencia técnica principal para instalaciones internas de bajo voltaje, debido a su enfoque prescriptivo y a la definición de requisitos mínimos de seguridad aplicables a conductores, protecciones, canalizaciones y puesta a tierra (NFPA 70 (2023), Art. 110).

El NEC organiza sus requisitos por sistemas y componentes, facilitando una aplicación sistemática en instalaciones residenciales y comerciales. En particular, establece lineamientos para circuitos derivados, alimentadores, protecciones y selección de métodos de instalación, de modo que el diseño sea coherente y verificable (NFPA 70 (2023), Art. 210; NFPA 70 (2023), Art. 215; NFPA 70 (2023), Art. 300).

2.1.4.1 2.2.1 Dimensionamiento de conductores

El dimensionamiento de conductores es un aspecto crítico en instalaciones de bajo voltaje, debido a que define la capacidad de transporte de corriente y la seguridad térmica del sistema. El NEC establece criterios para seleccionar conductores considerando su ampacidad, condiciones de instalación y limitaciones térmicas asociadas a los materiales y al entorno de canalización (NFPA 70 (2023), Art. 310).

Además, el código exige que el conductor seleccionado sea compatible con los dispositivos de protección contra sobrecorriente, garantizando que ante una condición de falla el dispositivo opere dentro de parámetros seguros, evitando daños por sobrecalentamiento (NFPA 70 (2023), Art. 240; NFPA 70 (2023), Art. 310).

2.1.4.2 2.2.2 Selección de protecciones

La selección de protecciones debe asegurar que cada conductor y equipo esté adecuadamente protegido contra sobrecorriente y que la desconexión ocurra de forma segura ante

fallas. El NEC establece requisitos para interruptores automáticos y fusibles, su capacidad interruptiva y condiciones de coordinación con el circuito que protegen (NFPA 70 (2023), Art. 240).

Para reducir riesgos asociados a fallas a tierra, el NEC exige dispositivos GFCI en ubicaciones determinadas, especialmente en áreas donde las condiciones incrementan la probabilidad de choque eléctrico (NFPA 70 (2023), Art. 210.8). De forma complementaria, en ciertos circuitos residenciales se requiere AFCI para mitigar el riesgo de incendio por fallas de arco (NFPA 70 (2023), Art. 210.12).

2.1.4.3 2.2.3 Puesta a tierra y equipotencialidad

La puesta a tierra y la equipotencialidad son esenciales para limitar tensiones peligrosas, facilitar la operación de las protecciones y reducir el riesgo de choque eléctrico. El NEC define criterios para el sistema de puesta a tierra, conductores asociados, uniones y enlaces equipotenciales, con el objetivo de asegurar trayectorias efectivas de falla y condiciones seguras de operación (NFPA 70 (2023), Art. 250).

2.1.4.4 2.2.4 Integración de nuevas tecnologías

El diseño de instalaciones de bajo voltaje debe considerar la integración de nuevas tecnologías que incrementan la demanda y complejidad del sistema, como los sistemas de alimentación ininterrumpida y la infraestructura de carga para vehículos eléctricos. El NEC incorpora requisitos específicos para el equipo de suministro para vehículos eléctricos, estableciendo criterios de instalación y seguridad aplicables a estos sistemas dentro de edificaciones (NFPA 70 (2023), Art. 625).

2.1.5 2.3 Convergencias y diferencias entre NEC 2023 y otras normas internacionales

El análisis comparativo entre el NEC 2023 y otros marcos internacionales permite identificar diferencias en enfoque, estructura normativa y criterios de aplicación, particularmente en la selección de conductores, protecciones y sistemas de puesta a tierra en

instalaciones de bajo voltaje (NFPA 70 (2023); IEC 60364).

2.1.6 2.4 Normativa técnica ecuatoriana aplicable a instalaciones de bajo voltaje

En el Ecuador, la normativa técnica aplicable a instalaciones internas de bajo voltaje se apoya en normas emitidas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización, las cuales establecen parámetros de referencia del entorno eléctrico nacional, tales como tensiones normalizadas y condiciones generales asociadas a la compatibilidad eléctrica (NTE INEN 3098).

Estos documentos permiten contextualizar el diseño eléctrico bajo voltaje dentro del marco nacional, sin reemplazar el nivel de detalle prescriptivo del NEC, el cual se adopta como referencia principal para el desarrollo del diseño interno (NFPA 70 (2023); NTE INEN 3098).

2.1.7 Limitaciones y vacíos normativos

Villamarín-Jácome et al. [8] señalan que la transición energética requiere códigos más avanzados. El Ecuador aún carece de lineamientos específicos para estaciones de carga, AFCI obligatorios y criterios prescriptivos de diseño.

2.2 Experiencias de implementación de NEC y normas afines en proyectos reales

La literatura reciente también reporta casos de estudio que ejemplifican la implementación práctica de normas internacionales en proyectos específicos, Sarker et al. [19] comparan distintas configuraciones de sistemas de puesta a tierra para instalaciones multivoltaje bajo el cumplimiento simultáneo de la IEEE Std 80-2013, la IEC 60364-5-54 y el NEC 2023 demostrando que la optimización de los electrodos y conductores de puesta a tierra puede reducir esfuerzos de paso y contacto al tiempo que mejoran la seguridad global del sistema. Martins Jr. et al. [20] analiza la calidad de instalaciones eléctricas en edificios comerciales en Brasil identificando no conformidades relacionadas con la selección de conductores, la

protección diferencial y la continuidad de la puesta a tierra y resaltan la importancia de aplicar rigurosamente los códigos IEC y NEC para corregir estas deficiencias.

A nivel nacional el trabajo de Almeida [21] constituye un antecedente directo para la presente investigación en este estudio se rediseña la red eléctrica de baja tensión del Hospital del Adulto Mayor aplicando los lineamientos del NEC y adaptándolos a la normativa ecuatoriana vigente. El proyecto incluyó levantamiento de cargas, cálculo de caídas de tensión, selección de protecciones y verificación de parámetros de seguridad dando a conocer la viabilidad de utilizar el NEC como herramienta técnica en proyectos reales de infraestructura hospitalaria y los resultados obtenidos confirman que la aplicación correcta de este código permite mejorar la seguridad y la calidad de las instalaciones y evidencian el potencial de su uso en otros tipos de edificaciones.

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA

La metodología del presente proyecto se estructura bajo un enfoque técnico-aplicado, orientado al diseño de instalaciones eléctricas interiores de bajo voltaje en edificaciones residenciales, comerciales y estaciones de carga para vehículos eléctricos, desarrolladas en el contexto normativo ecuatoriano.

El diseño eléctrico se fundamenta principalmente en la **Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC)**, específicamente en el capítulo de *Servicios Básicos – Instalaciones Eléctricas (NEC-SB-IE)*, de cumplimiento obligatorio a nivel nacional. Esta normativa establece los criterios mínimos de seguridad, diseño y ejecución que deben cumplir las instalaciones eléctricas interiores en Ecuador.

De manera complementaria, se emplea el **NFPA 70 – National Electrical Code (NEC 2023)** como referencia técnica internacional, debido a su alto nivel de detalle, estructura normativa y enfoque en seguridad eléctrica. Su uso permite reforzar criterios de cálculo, selección de conductores, protecciones y puesta a tierra, siempre contrastando su aplicación con la normativa ecuatoriana vigente.

El objetivo metodológico es garantizar que el diseño eléctrico propuesto sea técnicamente seguro, normativamente trazable y plenamente aplicable al contexto ecuatoriano de instalaciones eléctricas de bajo voltaje.

3.1 Enfoque metodológico

El estudio adopta un enfoque cuantitativo con modalidad de proyecto técnico, debido a que se basa en cálculos eléctricos, selección de materiales, verificación de parámetros

normativos y elaboración de planos eléctricos.

El alcance del trabajo se limita estrictamente a instalaciones eléctricas interiores de bajo voltaje, excluyendo sistemas de media tensión, subtransmisión y transmisión, en concordancia con el campo de aplicación de la Norma Ecuatoriana de la Construcción y del Código Eléctrico Ecuatoriano.

3.2 Normativa utilizada y justificación

Para el desarrollo del proyecto se emplean las siguientes normas, cuya selección responde al contexto técnico y legal del Ecuador:

3.2.1 Normativa ecuatoriana aplicable

- **Norma Ecuatoriana de la Construcción – NEC-SB-IE:** constituye el marco normativo principal para instalaciones eléctricas interiores en Ecuador. Define requisitos mínimos de diseño, seguridad, protección contra sobrecorrientes y puesta a tierra, siendo de aplicación obligatoria en edificaciones nuevas y modificaciones.
- **CPE INEN 019 – Código Eléctrico Ecuatoriano:** establece criterios técnicos complementarios para el diseño y ejecución de instalaciones eléctricas, armonizados con estándares internacionales y adaptados a la realidad nacional.
- **NTE INEN 2345:2004:** regula los requisitos técnicos de alambres y cables con aislamiento termoplástico, garantizando condiciones adecuadas de seguridad, capacidad de corriente y calidad del material conductor.
- **NTE INEN 3098:** define los voltajes normalizados utilizados en sistemas eléctricos en Ecuador, asegurando compatibilidad con las redes de distribución y equipos eléctricos.

Estas normas se emplean porque son las que rigen directamente el diseño de instalaciones eléctricas interiores en el país y permiten asegurar que el proyecto sea válido, aplicable y coherente con el marco legal ecuatoriano.

3.2.2 Normativa internacional de referencia

- **NFPA 70 – National Electrical Code (NEC 2023)**: se utiliza como referencia técnica internacional para reforzar criterios de cálculo, seguridad eléctrica y organización normativa, dado que la normativa ecuatoriana toma como base histórica y técnica versiones del NEC adaptadas al contexto nacional.

El uso del NEC 2023 permite elevar el nivel técnico del diseño sin sustituir la normativa ecuatoriana, sino complementándola de manera justificada.

3.3 Tipo de investigación

La investigación es:

- **Descriptiva**, porque detalla los criterios técnicos establecidos en la normativa ecuatoriana para instalaciones eléctricas interiores de bajo voltaje.
- **Aplicada**, ya que implementa dichos criterios en el diseño eléctrico real de edificaciones residenciales, comerciales y estaciones de carga.
- **Comparativa**, al contrastar los criterios de la normativa ecuatoriana con el NEC 2023 como referencia técnica internacional.
- **Documental**, al sustentarse en normas técnicas oficiales, códigos eléctricos y documentación normativa vigente.

3.4 Procedimiento metodológico

3.4.1 Fase 1: Revisión normativa y documental

En esta fase se analizan las normas ecuatorianas aplicables a instalaciones eléctricas interiores de bajo voltaje, principalmente la NEC-SB-IE, el CPE INEN 019, la NTE INEN 2345 y la NTE INEN 3098. Esta revisión permite establecer los criterios obligatorios de diseño, seguridad y materiales.

Adicionalmente, se revisa el NFPA 70 (NEC 2023) como referencia técnica, con el fin de fortalecer los criterios de cálculo y disponer de un marco comparativo técnico.

3.4.2 Fase 2: Levantamiento de requerimientos y definición de parámetros eléctricos

Se definen las características técnicas de las edificaciones a diseñar:

- vivienda unifamiliar
- local comercial
- estación de carga para movilidad eléctrica

Para cada caso se determinan:

- demanda estimada
- tipo de carga
- número de circuitos
- niveles de tensión normalizados
- ubicación de tableros
- equipos principales
- criterios de caída de tensión
- factores de simultaneidad
- parámetros del sistema de puesta a tierra

3.4.3 Fase 3: Diseño eléctrico

El diseño eléctrico se desarrolla conforme a los criterios de la normativa ecuatoriana, reforzado con el NEC 2023:

- cálculo de carga y demanda
- selección de conductores según capacidad de corriente
- selección y coordinación de protecciones
- diseño de circuitos derivados y alimentadores
- canalizaciones y métodos de alambrado
- sistema de puesta a tierra

Los planos eléctricos se elaboran mediante AutoCAD.

3.4.4 Fase 4: Análisis comparativo

El análisis comparativo entre la normativa ecuatoriana y el NEC 2023 se desarrolla en el capítulo correspondiente al análisis del sistema, donde se presentan tablas y criterios técnicos comparados.

3.5 Validación técnica

La validación se realiza mediante:

- verificación del cumplimiento normativo ecuatoriano
- comprobación de criterios de seguridad eléctrica
- coherencia técnica del diseño final

3.6 Síntesis metodológica

La metodología garantiza:

- cumplimiento de la normativa ecuatoriana
- respaldo técnico internacional
- coherencia en los cálculos
- aplicabilidad real del diseño
- seguridad eléctrica en instalaciones de bajo voltaje

CAPÍTULO 4

APLICACIÓN DE LA NFPA 70 (NEC 2023) EN EL DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

4.1 Introducción

En el presente capítulo se desarrolla la aplicación de la norma NFPA 70, conocida como National Electrical Code (NEC 2023), en el diseño eléctrico de una vivienda unifamiliar. El objetivo principal es garantizar una instalación eléctrica segura, funcional y conforme a los criterios técnicos establecidos para sistemas eléctricos residenciales de bajo voltaje.

El análisis se enfoca en la aplicación directa de la normativa, considerando el cálculo de cargas eléctricas, la asignación de circuitos derivados, la selección de conductores, la coordinación de dispositivos de protección y la organización de los tableros de distribución. Todos los criterios aplicados se fundamentan en los artículos correspondientes del NEC 2023, evitando el uso de normativa no aplicable a instalaciones residenciales.

4.1.1 Enfoque normativo y alcance del diseño residencial

El presente capítulo desarrolla el diseño de las instalaciones eléctricas residenciales considerando dos marcos normativos diferenciados, con el propósito de analizar y contrastar sus criterios técnicos y exigencias reglamentarias.

En primer lugar, se presenta un diseño residencial elaborado conforme a la normativa NEC, utilizada como referencia técnica internacional en el diseño de instalaciones eléctricas. Este diseño se desarrolla de manera independiente, aplicando exclusivamente los criterios técnicos, artículos y disposiciones establecidos por dicha normativa.

Posteriormente, se desarrolla un segundo diseño residencial basado en la normativa ecuatoriana vigente aplicable a instalaciones eléctricas de bajo voltaje, considerando los lineamientos establecidos por los organismos reguladores nacionales. Este diseño se realiza de forma autónoma, sin combinar ni extrapolar criterios provenientes de la normativa NEC.

Ambos diseños se presentan como propuestas técnicas independientes, con el objetivo de evidenciar las diferencias normativas, criterios de cálculo y exigencias técnicas propias de cada marco regulatorio, garantizando la coherencia normativa y el cumplimiento estricto de cada regulación en su respectivo contexto.

4.2 Características generales de la vivienda

El estudio se realiza sobre una vivienda unifamiliar de dos niveles, compuesta por una planta baja y un nivel de sótano. El sótano alberga áreas de servicio, incluyendo un cuarto de equipos, un baño, bodegas y un cuarto de bombas. La planta baja está conformada por espacios habitables como cocina, comedor, sala de estar, dormitorios, baños, área de lavado y garaje.

El sistema eléctrico de la vivienda es monofásico de 120/240 V y 60 Hz, configuración comúnmente empleada en instalaciones residenciales. Esta condición se considera para el dimensionamiento de conductores, la selección de protecciones y la distribución de circuitos, conforme a los valores de tensión normalizados y a los requerimientos establecidos en el NEC 2023.

4.3 Alcance del diseño eléctrico residencial

El diseño eléctrico residencial comprende el cálculo de la demanda eléctrica, la asignación de circuitos derivados por área funcional, el dimensionamiento de conductores, la selección de interruptores termomagnéticos y la verificación de los criterios de seguridad exigidos por la NFPA 70 (NEC 2023).

El análisis se limita a las instalaciones eléctricas internas de la vivienda, por lo que no se consideran normativas relacionadas con sistemas de distribución en media o alta

tensión, ni regulaciones aplicables a redes de servicio público. El diseño se desarrolla exclusivamente bajo los criterios técnicos establecidos para instalaciones eléctricas residenciales de bajo voltaje.

4.4 Criterios generales del diseño eléctrico residencial según NEC 2023

El diseño eléctrico residencial conforme a la NFPA 70 (NEC 2023) se fundamenta en criterios técnicos que permiten garantizar la seguridad, funcionalidad y confiabilidad del sistema eléctrico. Antes de desarrollar los cálculos de demanda eléctrica, es necesario establecer los principios normativos que rigen una instalación residencial de bajo voltaje.

En instalaciones residenciales, el NEC 2023 establece que la carga general correspondiente a iluminación y tomacorrientes se determine en función del área habitable de la vivienda, considerando un valor de 3 VA por pie cuadrado. Una vez obtenida la carga general total, la normativa aplica un factor de demanda, en el cual los primeros 3000 volt-amperios se consideran al 100%, mientras que el valor excedente se calcula aplicando un factor del 35%. Este procedimiento permite representar de manera realista el comportamiento del consumo eléctrico residencial, considerando que no todas las cargas operan simultáneamente a su máxima capacidad.

Las áreas de cocina, baños y lavandería requieren circuitos derivados independientes, a los cuales el NEC 2023 asigna una demanda de 1500 volt-amperios por circuito. Esta disposición se justifica por el uso frecuente de equipos eléctricos y por la necesidad de evitar sobrecargas en los circuitos generales. Por esta razón, dichas cargas no se integran directamente a la carga general de iluminación y tomacorrientes.

Para cargas específicas de mayor potencia, como equipos de calefacción, aire acondicionado, bombas u otros aparatos fijos, el NEC 2023 establece que deben considerarse como circuitos dedicados, dimensionados de acuerdo con la potencia nominal indicada en placa. Este criterio garantiza una correcta operación del sistema y una adecuada protección de los conductores.

En el caso de cargas continuas, definidas como aquellas que operan durante tres horas o más de forma continua, la normativa exige aplicar un incremento del 25% sobre la

corriente nominal. Este requisito tiene como objetivo evitar el sobrecalentamiento de conductores y dispositivos de protección, asegurando condiciones seguras de operación del sistema eléctrico.

La selección de conductores se realiza considerando el tipo de aislamiento, la capacidad de conducción de corriente y las condiciones de instalación, conforme a las tablas de ampacidad establecidas en el NEC 2023. De igual manera, los interruptores termomagnéticos se dimensionan en función de la corriente calculada, garantizando la protección contra sobrecorrientes y cortocircuitos.

Los criterios descritos en esta sección constituyen la base técnica para el desarrollo de los cálculos de demanda eléctrica y el dimensionamiento del sistema residencial, los cuales se presentan en las secciones posteriores del presente capítulo.

4.5 Definición de circuitos eléctricos residenciales según NEC 2023

De acuerdo con la NFPA 70, conocida como National Electrical Code (NEC 2023), las instalaciones eléctricas residenciales deben organizarse mediante circuitos derivados, con el fin de garantizar una distribución segura, ordenada y eficiente de la energía eléctrica dentro de la vivienda (Artículo 210). La correcta definición de los circuitos permite mejorar la protección del sistema eléctrico y facilita las labores de operación y mantenimiento.

Los circuitos de iluminación están destinados exclusivamente a alimentar luminarias distribuidas en las diferentes áreas habitables de la vivienda. La separación de los circuitos de iluminación respecto a otros tipos de carga es una práctica recomendada por el NEC, ya que permite un mejor control del consumo y reduce el riesgo de sobrecarga en los tomacorrientes (Artículo 210.23).

Los circuitos de tomacorrientes generales suministran energía a los puntos de uso destinados a la conexión de equipos de consumo doméstico. El NEC 2023 establece la asignación de estos circuitos de manera independiente a los de iluminación, con el objetivo de garantizar la continuidad del servicio eléctrico y mejorar la seguridad de la instalación residencial (Artículo 210.11).

Las áreas de cocina, baños y lavandería requieren circuitos derivados independientes

debido a la mayor demanda eléctrica y a las condiciones particulares de uso. En el caso de la cocina, el NEC exige la instalación de circuitos exclusivos para pequeños electrodomésticos, asignando una carga mínima de 1500 volt-amperios por circuito (Artículo 210.52(B)). De igual manera, los baños deben contar con circuitos dedicados para tomacorrientes, considerando las condiciones de humedad y seguridad eléctrica (Artículo 210.11(C)(3)).

Los equipos eléctricos de mayor potencia, tales como sistemas de calefacción, aire acondicionado, bombas y otros aparatos fijos, deben ser alimentados mediante circuitos dedicados. El NEC establece que estos equipos se dimensionen de acuerdo con su potencia nominal indicada en placa, evitando la conexión compartida con otras cargas del sistema (Artículo 422.10 y Artículo 430.24).

La correcta clasificación y asignación de los circuitos eléctricos residenciales, conforme a los artículos establecidos en el NEC 2023, constituye un paso previo indispensable para el cálculo de la demanda eléctrica y el dimensionamiento del sistema, los cuales se desarrollan en las secciones posteriores del presente capítulo.

4.6 Dispositivos de protección en instalaciones eléctricas residenciales según NEC 2023

La NFPA 70 (NEC 2023) establece la obligatoriedad de incorporar dispositivos de protección específicos en las instalaciones eléctricas residenciales, con el objetivo de reducir riesgos asociados a choques eléctricos, fallas por arco e incendios. Estos dispositivos complementan la protección contra sobrecorrientes proporcionada por los interruptores termomagnéticos convencionales.

El interruptor por falla de arco, conocido como *Arc-Fault Circuit Interrupter* (AFCI), es un dispositivo diseñado para detectar fallas por arco eléctrico que pueden producirse debido a conexiones defectuosas, conductores deteriorados o equipos en mal estado. El NEC exige la instalación de protección AFCI en los circuitos derivados que alimentan áreas habitables de la vivienda, tales como salas, comedores, dormitorios y espacios similares, con el fin de disminuir el riesgo de incendios de origen eléctrico (Artículo 210.12).

Por otro lado, el interruptor por falla a tierra, denominado *Ground-Fault Circuit Interrupter* (GFCI), es un dispositivo destinado a proteger a las personas frente a choques

eléctricos ocasionados por corrientes de fuga hacia tierra. El NEC establece el uso obligatorio de protección GFCI en áreas donde existe mayor probabilidad de contacto con humedad, como baños, cocinas, lavanderías, garajes y áreas exteriores, debido al incremento del riesgo eléctrico en estos espacios (Artículo 210.8).

Adicionalmente, el NEC permite la utilización de dispositivos combinados AFCI/GFCI en aquellos circuitos donde se requiera protección contra ambos tipos de falla, siempre que dichos dispositivos cumplan con las condiciones técnicas establecidas por la normativa vigente (Artículo 210.12 y Artículo 210.8).

La correcta selección y aplicación de los dispositivos AFCI y GFCI en el diseño eléctrico residencial permite mejorar significativamente los niveles de seguridad de la instalación, garantizando el cumplimiento de los criterios establecidos por el NEC 2023 y proporcionando una protección adecuada tanto para las personas como para la infraestructura eléctrica de la vivienda.

4.6.1 Configuración de la instalación eléctrica y disposición de tableros de distribución

La instalación eléctrica del proyecto residencial se diseña y organiza conforme a los criterios técnicos establecidos en la NFPA 70 – National Electrical Code, edición 2023 (NEC 2023), adoptando una estructura jerárquica compuesta por un tablero de distribución principal y dos subpaneles derivados. Esta configuración responde a las disposiciones del NEC relacionadas con la adecuada distribución de cargas, seguridad operativa y facilidad de mantenimiento en instalaciones residenciales de bajo voltaje.

De acuerdo con el Artículo 210.11 del NEC, los circuitos derivados deben disponerse de manera que garanticen una adecuada cobertura de las cargas generales y específicas de la vivienda, permitiendo su correcta sectorización. Asimismo, el Artículo 215.2 establece los criterios para la alimentación de subpaneles, indicando que estos deben ser alimentados mediante conductores correctamente dimensionados y protegidos desde el tablero principal.

En función de estos criterios normativos, el proyecto contempla el uso de **dos subpaneles eléctricos**, identificados como TD-1 y TD-2, cuya cantidad y ubicación se definen considerando la naturaleza de las cargas, el nivel de riesgo eléctrico y la distribución

arquitectónica de la vivienda.

4.6.2 Tipo, modelo y características de los tableros de distribución utilizados

Los tableros de distribución empleados en el proyecto corresponden a tableros residenciales tipo *load center*, ampliamente utilizados en instalaciones eléctricas monofásicas de 120/240 V en los Estados Unidos. Este tipo de tablero está diseñado para alojar interruptores automáticos termomagnéticos enchufables (*plug-on breakers*) y permitir una distribución segura, ordenada y flexible de los circuitos derivados.

Conforme a lo establecido en el Artículo 408 del NEC 2023, los tableros de distribución deben contar con barras colectoras adecuadamente dimensionadas, dispositivos de protección contra sobrecorriente y una correcta identificación de circuitos. En este sentido, los tableros seleccionados incorporan:

- Barra de fase para sistema monofásico de 120/240 V.
- Barra de neutro aislada del gabinete.
- Barra de puesta a tierra unida al gabinete metálico.
- Interruptor principal integrado o interruptor general ubicado aguas arriba.

4.6.2.0.1 Modelo típico de tablero residencial. Los tableros considerados son equivalentes a modelos residenciales comerciales utilizados en los Estados Unidos, tales como *Square D QO*, *Siemens Load Center* o *Eaton BR / CH*, los cuales cumplen con las certificaciones UL y los requisitos del NEC 2023. Estos tableros están diseñados para capacidades típicas de 100 A o superiores, compatibles con la corriente total calculada del sistema.

El Artículo 110.3(B) del NEC establece que los equipos eléctricos deben instalarse y utilizarse conforme a las instrucciones del fabricante, por lo que la selección de tableros certificados garantiza el cumplimiento de los requisitos de seguridad, desempeño y compatibilidad con los interruptores automáticos empleados.

4.6.2.0.2 Separación de neutro y puesta a tierra. De acuerdo con el Artículo 250.24 del NEC, en sistemas monofásicos de 120/240 V el neutro debe estar unido a tierra únicamente en el punto de servicio. En consecuencia, el tablero principal realiza la unión del conductor neutro con el sistema de puesta a tierra, mientras que en los subpaneles TD-1 y TD-2 se mantiene la separación entre la barra de neutro y la barra de puesta a tierra, evitando corrientes indebidas en las partes metálicas del sistema.

Esta disposición cumple además con el Artículo 408.40 del NEC, que prohíbe la interconexión del neutro con el gabinete en tableros derivados.

4.6.2.0.3 Capacidad y disposición interna. Los tableros de distribución seleccionados permiten la instalación de un número suficiente de interruptores automáticos monopolares y bipolares, garantizando espacio para los circuitos actuales y futuras ampliaciones del sistema eléctrico. El Artículo 408.54 del NEC exige que los tableros cuenten con espacios adecuados para la correcta disipación térmica y el acceso seguro a los dispositivos de protección, condiciones que se cumplen mediante el uso de *load centers* residenciales certificados.

4.6.2.0.4 Criterio técnico de selección. La selección de tableros tipo *load center* responde a los siguientes criterios técnicos:

- Compatibilidad con sistemas residenciales 120/240 V monofásicos.
- Cumplimiento del NEC 2023 y certificación UL.
- Facilidad de instalación, inspección y mantenimiento.
- Flexibilidad para futuras ampliaciones del sistema.

El uso de estos tableros garantiza una operación segura y conforme a normativa del sistema eléctrico residencial, integrándose adecuadamente con los subpaneles TD-1 y TD-2 desarrollados en las secciones posteriores.

4.6.2.0.5 Subpanel TD-1: planta alta y área de garaje. El subpanel TD-1 se ubica en la planta alta de la vivienda, en un área próxima al garaje, y tiene como función abastecer los circuitos derivados correspondientes a las áreas habitables principales,

cocina, lavandería y tomacorrientes de uso general. Esta disposición permite reducir la longitud de los circuitos derivados y mejorar la eficiencia de la distribución eléctrica, conforme a lo recomendado por el NEC para instalaciones residenciales (NEC 210.11) (NEC 210.52).

El NEC permite la instalación de subpaneles en garajes y áreas similares, siempre que se garantice el espacio de trabajo, accesibilidad y protección mecánica adecuados. El Artículo 110.26 establece los requisitos mínimos de espacio libre frontal, lateral y superior para equipos eléctricos, asegurando condiciones seguras de operación y mantenimiento. Adicionalmente, el Artículo 240.24 regula la ubicación de dispositivos de protección contra sobrecorriente, indicando que estos deben ser fácilmente accesibles y no instalarse en zonas prohibidas.

Desde el punto de vista de las prácticas constructivas en los Estados Unidos, el garaje constituye una ubicación común para subpaneles residenciales, ya que permite una distribución ordenada de cargas y facilita futuras ampliaciones del sistema eléctrico, como la incorporación de sistemas de generación distribuida. En este contexto, el Artículo 690 del NEC regula la instalación de sistemas fotovoltaicos, cuya integración futura se ve favorecida por la ubicación del subpanel TD-1 en esta zona.

4.6.2.0.6 Subpanel TD-2: planta baja o sótano. El subpanel TD-2 se localiza en la planta baja o sótano de la vivienda y está destinado a la alimentación de circuitos asociados a áreas técnicas y de servicio, tales como cuartos de máquinas, bombas, equipos electromecánicos y otras cargas de operación continua o con corrientes de arranque elevadas.

Esta separación responde a criterios de seguridad eléctrica y prevención de riesgos, ya que el NEC recomienda que las cargas asociadas a equipos mecánicos y motores se encuentren adecuadamente sectorizadas. El Artículo 430 del NEC establece los requisitos para circuitos de motores, incluyendo criterios de protección contra sobrecorriente y condiciones de operación segura. Asimismo, el Artículo 210.23 limita la conexión de cargas específicas a circuitos derivados, evitando la sobrecarga de circuitos de uso general.

La ubicación del subpanel TD-2 en el sótano permite concentrar estas cargas fuera de las áreas habitables, reduciendo el riesgo de fallas eléctricas en zonas de ocupación permanente y facilitando el cumplimiento de los requisitos de accesibilidad y espacio de

trabajo establecidos en el Artículo 110.26 del NEC.

4.6.2.0.7 Tipo de tablero y gabinete utilizado. El tablero principal y los subpaneles TD-1 y TD-2 corresponden a tableros de distribución residenciales tipo *load center*, comúnmente utilizados en instalaciones monofásicas de 120/240 V en los Estados Unidos. Estos tableros incorporan interruptores termomagnéticos enchufables y barras independientes de neutro y puesta a tierra, conforme a lo establecido en el Artículo 408 del NEC.

Los tableros se alojan en gabinetes metálicos clasificados como **NEMA Tipo 1**, adecuados para instalaciones interiores, tal como lo permite el Artículo 312 del NEC. Estos gabinetes proporcionan protección mecánica a los conductores y dispositivos de protección, garantizando condiciones seguras de operación del sistema eléctrico residencial.

4.6.2.0.8 Criterio general de diseño. La configuración adoptada, basada en un tablero principal y dos subpaneles, cumple con los criterios del NEC 2023 y permite:

- Una adecuada sectorización de cargas conforme al Artículo 210 del NEC.
- Mejor coordinación y selectividad de los dispositivos de protección (NEC 240).
- Reducción de riesgos eléctricos en áreas habitables.
- Flexibilidad para futuras ampliaciones del sistema eléctrico.

Esta disposición constituye la base técnica del diseño eléctrico residencial y da paso al desarrollo detallado del diseño de los subpaneles TD-1 y TD-2 en las secciones siguientes.

4.6.3 Diseño eléctrico del subpanel TD-2 correspondiente a la planta baja (sótano)

El subpanel TD-2 corresponde a la planta baja o sótano de la vivienda unifamiliar y forma parte del sistema eléctrico residencial diseñado conforme a la norma NFPA 70, National Electrical Code, edición 2023 (NEC 2023). Este subpanel se alimenta desde el tablero principal mediante un sistema monofásico de 120/240 V, una fase, tres conductores y

frecuencia de 60 Hz, condición típica en instalaciones residenciales de bajo voltaje (NEC 230.2).

El subpanel TD-2 tiene como función abastecer los circuitos derivados correspondientes a iluminación, tomacorrientes de uso general y cargas específicas ubicadas exclusivamente en la planta baja, manteniendo independencia eléctrica respecto al subpanel TD-1, correspondiente a la planta alta de la vivienda (NEC 210.11).

4.6.3.1 Identificación y clasificación de cargas

La identificación de cargas del subpanel TD-2 se realiza conforme a los criterios establecidos para instalaciones residenciales. La carga general de iluminación y tomacorrientes de uso general se determina en función del área habitable del sótano, aplicando un valor de 3 volt-amperios por pie cuadrado, conforme a lo establecido en la normativa vigente (NEC 220.12). Este valor incluye tanto la iluminación como los tomacorrientes de uso general, sin necesidad de contabilizar cada punto de manera individual (NEC 220.14(I)).

Adicionalmente, el diseño contempla circuitos derivados independientes para áreas y equipos que, por su naturaleza, requieren tratamiento especial. En el caso del baño ubicado en la planta baja, se considera un circuito exclusivo con una demanda asignada de 1500 volt-amperios, conforme a los requisitos establecidos para baños en viviendas unifamiliares (NEC 210.11(C)(3)) (NEC 220.52(B)).

La presencia de una refrigeradora adicional en la planta baja se considera como una carga fija individual, asignándose una demanda de 1500 volt-amperios, conforme al tratamiento normativo de electrodomésticos individuales no incluidos en la carga general (NEC 220.53).

Los equipos de climatización y acondicionamiento de aire ubicados en esta planta, tales como unidades manejadoras de aire o condensadores, se consideran como cargas individuales y se dimensionan de acuerdo con la potencia nominal indicada en la placa del fabricante (NEC 440.6) (NEC 422.16(B)(4)). De igual manera, la bomba de sumidero se clasifica como carga de motor individual y se dimensiona conforme a la tabla de corrientes de plena carga aplicable a motores monofásicos (NEC 430.248).

4.6.3.2 Aplicación de factores de demanda

Una vez determinada la carga general total correspondiente a la planta baja, se procede a la aplicación de los factores de demanda establecidos para viviendas unifamiliares. De acuerdo con la normativa, los primeros 3000 volt-amperios de la carga general se consideran al 100 %, mientras que el valor excedente se calcula aplicando un factor de demanda del 35 % (NEC 220.42). Este procedimiento permite representar de manera realista el comportamiento del consumo eléctrico residencial, considerando la no simultaneidad de todas las cargas conectadas (NEC 220.42).

Las cargas individuales, tales como refrigeradoras, equipos de climatización y bombas, se consideran a su valor nominal, salvo que la normativa indique un tratamiento distinto (NEC 220.50) (NEC 220.53).

4.6.3.3 Cargas continuas y criterio del 125 %

Se consideran cargas continuas aquellas que operan durante un período igual o superior a tres horas de manera continua (NEC 100). Para este tipo de cargas, la normativa establece que los conductores y dispositivos de protección deben dimensionarse considerando un incremento del 25 % sobre la corriente nominal del circuito (NEC 210.20(A)) (NEC 215.3).

Este criterio se aplica únicamente a aquellas cargas ubicadas en la planta baja que cumplan efectivamente con la condición de carga continua, tales como ciertos equipos de refrigeración o climatización, cuando corresponda. Las cargas continuas ubicadas en otras áreas de la vivienda son consideradas en el subpanel correspondiente, evitando duplicidad en los cálculos (NEC 210.19(A)(1)).

4.6.3.4 Protección general del subpanel TD-2

El subpanel TD-2 cuenta con un interruptor principal que proporciona protección general a todos los circuitos derivados de la planta baja. La incorporación de este dispositivo permite la desconexión total del subpanel y la protección del alimentador frente a sobrecorrientes, conforme a lo establecido en la normativa vigente (NEC 408.36).

El interruptor principal del subpanel se dimensiona en función de la corriente total calculada, garantizando la adecuada coordinación con los dispositivos de protección de los circuitos derivados y del panel principal (NEC 240.4) (NEC 240.6).

4.6.3.5 Dimensionamiento del alimentador

La corriente de diseño del subpanel TD-2 se obtiene a partir de la demanda total calculada, considerando un voltaje nominal de 240 V para sistemas monofásicos residenciales (NEC 220.5(B)). A partir de este valor, se selecciona el calibre del conductor del alimentador conforme a las tablas de ampacidad establecidas en la normativa (NEC 310.16), verificando el cumplimiento de los criterios de protección contra sobrecorrientes (NEC 240.6).

El dimensionamiento del alimentador garantiza una operación segura y confiable del subpanel TD-2, evitando sobrecargas, calentamientos excesivos y caídas de tensión no permitidas (NEC 215.2).

4.6.3.6 Resumen del diseño del subpanel TD-2

El diseño eléctrico del subpanel TD-2 cumple con los criterios establecidos en la NFPA 70, edición 2023, considerando la correcta identificación y clasificación de cargas, la aplicación adecuada de factores de demanda, el tratamiento normativo de cargas continuas y la incorporación de dispositivos de protección generales y derivados. Los resultados obtenidos constituyen la base técnica para la selección final de conductores, interruptores y elementos de protección del sistema eléctrico correspondiente a la planta baja de la vivienda.

4.6.4 Cálculo de cargas del subpanel TD-2 (Planta Baja / Basement)

4.6.4.1 Carga general por área (NEC 220.12)

De acuerdo con el *National Electrical Code*, la carga mínima general para edificaciones residenciales se determina en función del área habitable, considerando un valor de **3 VA por pie cuadrado** (NEC 220.12).

Para el nivel *Basement* se considera un área aproximada de:

$$A = 1045 \text{ ft}^2 \quad (4.1)$$

Por lo tanto, la carga general correspondiente es:

$$P_{\text{gen}} = 1045 \times 3 = 3135 \text{ VA} \quad (4.2)$$

Esta carga representa el requerimiento mínimo normalizado para iluminación general y tomacorrientes de uso general, independientemente del número real de dispositivos instalados, conforme al criterio establecido por el NEC (NEC 220.12).

4.6.4.2 Cargas adicionales consideradas en el subpanel TD-2

Además de la carga general por área, el NEC establece cargas específicas que deben ser consideradas cuando existen circuitos dedicados o equipos particulares (NEC 220, Parte III). Para el subpanel TD-2 se identifican las siguientes cargas:

- **Circuito de baño:**

$$P_{\text{bath}} = 1500 \text{ VA} \quad (\text{NEC } 210.11(\text{C})(3)) \quad (4.3)$$

- **Refrigeradora adicional (sótano):**

$$P_{\text{ref}} = 1500 \text{ VA} \quad (\text{NEC } 220.53) \quad (4.4)$$

- **Unidad manejadora de aire (Air Handler):**

$$P_{\text{air}} = 600 \text{ VA} \quad (\text{Según placa, NEC } 422.16(\text{B})(4)) \quad (4.5)$$

- **Condensador de aire acondicionado:**

$$P_{\text{cond}} = 1800 \text{ VA} \quad (\text{NEC } 440.6) \quad (4.6)$$

- **Bomba de sumidero (Sump Pump):**

$$P_{\text{sump}} = 1176 \text{ VA} \quad (\text{NEC 430.248}) \quad (4.7)$$

- **Sistema de detección de humo y monóxido de carbono:**

$$P_{\text{SCO}} = 150 \text{ VA} \quad (\text{NEC 760.41}) \quad (4.8)$$

4.6.4.3 Subtotal de carga del Basement antes de factores de demanda

Sumando la carga general por área y las cargas adicionales identificadas, se obtiene el subtotal previo a la aplicación de factores de demanda:

$$P_{\text{sub}} = P_{\text{gen}} + P_{\text{bath}} + P_{\text{ref}} + P_{\text{air}} + P_{\text{cond}} + P_{\text{sump}} + P_{\text{SCO}} \quad (4.9)$$

$$P_{\text{sub}} = 3135 + 1500 + 1500 + 600 + 1800 + 1176 + 150 = 9861 \text{ VA} \quad (4.10)$$

$$P_{\text{sub}} = 9861 \text{ VA} \quad (4.11)$$

4.6.4.4 Aplicación del factor de demanda (NEC 220.42)

Para viviendas unifamiliares, el NEC permite aplicar un factor de demanda a la carga calculada, considerando:

- Los primeros **3000 VA** al **100 %**.
- El excedente al **35 %**.

De esta manera, la demanda del nivel *Basement* se calcula como:

$$P_{\text{dem}} = 3000 + (P_{\text{sub}} - 3000) \times 0.35 \quad (4.12)$$

$$P_{\text{dem}} = 3000 + (9861 - 3000) \times 0.35 \quad (4.13)$$

$$P_{\text{dem}} = 3000 + 6861 \times 0.35 \quad (4.14)$$

$$P_{\text{dem}} = 3000 + 2401 = 5401 \text{ VA} \quad (4.15)$$

Por lo tanto, la demanda final del subpanel TD-2 es:

$$P_{\text{TD-2}} = 5401 \text{ VA} \quad (4.16)$$

4.6.4.5 Corriente estimada del subpanel TD-2

Considerando un sistema residencial de **240 V**, la corriente aproximada del subpanel TD-2 se determina mediante:

$$I_{\text{TD-2}} = \frac{P_{\text{TD-2}}}{V} = \frac{5401}{240} = 22.50 \text{ A} \quad (4.17)$$

Este valor confirma que el subpanel TD-2 opera dentro de rangos adecuados para su alimentación, permitiendo márgenes razonables de seguridad y expansión conforme a los criterios del NEC.

4.6.4.6 Dimensionamiento de protecciones del subpanel TD-2

A partir de la demanda calculada del subpanel TD-2 y del voltaje de alimentación, se obtuvo una corriente estimada de:

$$I_{TD2} = \frac{P_{TD2}}{V} = \frac{5401}{240} = 22.50 \text{ A} \quad (4.18)$$

4.6.4.6.1 Criterio de carga continua (125 %). Para el dimensionamiento del dispositivo de protección contra sobrecorriente y del alimentador, la norma exige considerar un margen adicional cuando existen cargas continuas, definidas como aquellas que operan durante tres horas o más (NEC 210.20(A)). En alimentadores, este criterio se mantiene para el dimensionamiento del conductor y la protección (NEC 215.3). En forma general:

$$I_{\text{diseño}} = 1.25 I_{\text{cont}} + I_{\text{no cont}} \quad (4.19)$$

En este estudio, como criterio conservador para el subpanel TD-2, se evalúa el caso en el que la corriente estimada se trate como continua:

$$I_{\text{diseño}} \approx 1.25 I_{TD2} = 1.25 \times 22.50 = 28.13 \text{ A} \quad (4.20)$$

4.6.4.6.2 Selección del interruptor principal del subpanel (OCPD). El interruptor del subpanel debe seleccionarse con un valor normalizado igual o superior a la corriente de diseño, garantizando la protección del alimentador y del tablero (NEC 240.4). Por lo tanto, se selecciona el valor comercial inmediato superior:

$$I_{\text{breaker,TD2}} = 30 \text{ A} \quad (4.21)$$

4.6.4.6.3 Selección del conductor del alimentador del subpanel. El conductor del alimentador se selecciona por ampacidad, considerando el tipo de conductor utilizado en el diseño residencial. Para cable tipo NM-B, la ampacidad debe tomarse con la columna de 60 °C (NEC 334.80), usando la tabla de ampacidades (NEC 310.16). Para un interruptor de 30 A, un conductor de cobre calibre 10 AWG cumple con el criterio de ampacidad

y coordinación con la protección:

$$\text{Conductor alimentador: 10 AWG Cu (NM-B) con } I_{\text{breaker}} = 30 \text{ A} \quad (4.22)$$

4.6.4.6.4 Conductor de puesta a tierra del equipo (EGC). El conductor de puesta a tierra del equipo del alimentador del subpanel se dimensiona en función del valor del interruptor que protege el alimentador (NEC 250.122). Para un OCPD de 30 A, se selecciona un EGC de cobre que cumpla el mínimo requerido.

4.6.4.6.5 Resultado del dimensionamiento del TD-2. Con base en los criterios normativos citados, el subpanel TD-2 se alimenta y protege de manera adecuada con:

- Interruptor principal del subpanel: 30 A (NEC 240.4).
- Alimentador: 10 AWG Cu tipo NM-B (NEC 334.80) y ampacidad según tabla (NEC 310.16).
- Conductor de puesta a tierra del equipo dimensionado por OCPD (NEC 250.122).

CARGAS NEC POR CIRCUITO - TD2				
CIRCUITO	DESCRIPCIÓN	ARTÍCULO NEC	CARGA ASIGNADA (VA)	OBLIGATORIO / OPCIONAL
C15	Iluminación del sótano	220.12	3 VA/ft ²	Obligatorio
C16	Iluminación del sótano	220.12	3 VA/ft ²	Obligatorio
C17	Circuito de baño (si el baño tiene)	210.11(C)(3)	1,500 VA	Obligatorio
C18	Refrigeradora del sótano	422.10(A)	1,500 VA	Opcional pero común
C19	Unidad manejadora de aire / ventilador del	422.16	Según placa	Obligatorio si existe
C20	Condensador del aire acondicionado	440.6 (según placa)	Según placa	Obligatorio si existe
C21	Bomba de sumidero (si existe)	430.248	Según placa	Opcional
C22	Tomacorrientes de uso general del sótano	220.14(I)	Cubiertos en 3 VA/ft ²	Ya incluido
C23	Detectores de humo y monóxido de carbono	760.41	Carga baja (menor a 1 A)	Obligatorio

Figura 4.1: Cargas eléctricas del subpanel TD-2 (planta baja / sótano) según NFPA 70 – NEC 2023.

DEMANDA TOTAL DEL SUB - PAMEL	5401 (VA)	
Concepto NEC	Valor	Fórmula NEC / Notas
Subtotal parcial TD-2	9861	Suma de cargas
Primeros 3000 VA al 100%	3000	NEC 220.42
Resto al 35%	2401,35	=(Subtotal – 3000) × 0.35
Demanda total del Subpanel TD-2	5401,35	

Figura 4.2: Cálculo de la demanda eléctrica del subpanel TD-2 aplicando factores de demanda según NEC 220.42.

TABLA FINAL DE CIRCUITOS (TD-2)									
Nº	NOMBRE / DESCRIPCIÓN	TIPO DE	ARTÍCULO	VOLTA	CARGA	COR	INTE	CABLE NM-	COLOR
C17	Aire acondicionado (condensador)	Fuerza	430.248	240	1800	7,5	15 A	14/2 NM-B	Blanco
C18	Bomba de agua (sump pump)	Fuerza	430.248	120	1176	9,8	15 A	14/2 NM-B	Blanco
C19	HVAC (manejador de aire / ventilador del)	Fuerza	422.16(B)(4)	120	600	5	15 A	14/2 NM-B	Blanco
C20	Iluminación del sótano	Iluminación	220.12	120	1800	15	15 A	14/2 NM-B	Blanco
C21	Tomacorrientes de uso general	Fuerza	220.14(I)	120	1800	15	20 A	12/2 NM-B	Amarillo
C22	Circuito de baño GFCI	Fuerza (GFCI)	210.11(C)(3)	120	1500	13	20 A	12/2 NM-B	Amarillo

Figura 4.3: Circuitos derivados y protecciones del subpanel TD-2 según NEC 2023

4.6.5 4.6.3 Cálculo de cargas del subpanel TD-1 (Planta Alta)

4.6.5.1 Carga general por área (NEC 220.12)

De acuerdo con el *National Electrical Code*, la carga general mínima para edificaciones residenciales se determina considerando un valor de **3 VA por pie cuadrado** del área habitable (NEC 220.12).

Para la planta alta se considera un área aproximada de:

$$A = 1524 \text{ ft}^2 \quad (4.23)$$

Por lo tanto, la carga general correspondiente es:

$$P_{\text{gen}} = 1524 \times 3 = 4572 \text{ VA} \quad (4.24)$$

Esta carga cubre iluminación general y tomacorrientes de uso general conforme al criterio normativo del NEC.

4.6.5.2 Cargas obligatorias y específicas del subpanel TD-1

Además de la carga general por área, el NEC exige considerar cargas mínimas obligatorias y cargas específicas cuando existen circuitos dedicados (NEC 220, Parte III). Para el subpanel TD-1 se identifican las siguientes:

- Circuitos de pequeños electrodomésticos (2 circuitos):

$$P_{SA} = 2 \times 1500 = 3000 \text{ VA} \quad (\text{NEC } 210.11(\text{C})(1)) \quad (4.25)$$

- Circuito de lavandería:

$$P_{\text{laundry}} = 1500 \text{ VA} \quad (\text{NEC } 210.11(\text{C})(2)) \quad (4.26)$$

- Circuito de baño:

$$P_{\text{bath}} = 1500 \text{ VA} \quad (\text{NEC } 210.11(\text{C})(3)) \quad (4.27)$$

- Refrigerador:

$$P_{\text{ref}} = 1500 \text{ VA} \quad (\text{NEC } 422.10(\text{A})) \quad (4.28)$$

- Microondas empotrado:

$$P_{\text{micro}} = 1500 \text{ VA} \quad (\text{NEC } 422.10(\text{A})) \quad (4.29)$$

- Campana extractora:

$$P_{\text{hood}} = 600 \text{ VA} \quad (4.30)$$

- Secadora eléctrica (si aplica):

$$P_{\text{dryer}} = 5000 \text{ VA} \quad (\text{NEC } 220.54) \quad (4.31)$$

- Motor de puerta de garaje:

$$P_{\text{garage}} = 800 \text{ VA} \quad (4.32)$$

- Tomacorrientes del garaje:

$$P_{\text{garage rec}} = 1800 \text{ VA} \quad (\text{NEC } 210.52(\text{G})) \quad (4.33)$$

- Detectores de humo:

$$P_{\text{smoke}} = 0 \text{ VA} \quad (4.34)$$

4.6.5.3 Electrodomésticos fijos (NEC 220.53)

Para la planta alta se consideran los siguientes electrodomésticos fijos: refrigerador, microondas, campana extractora, lavadora, secadora, motor de garaje y equipos adicionales, con una suma total de:

$$P_{\text{fixed}} = 13600 \text{ VA} \quad (4.35)$$

Dado que existen más de cuatro electrodomésticos fijos, el NEC permite aplicar un factor de reducción del **75 %** (NEC 220.53):

$$P_{\text{fixed,dem}} = 13600 \times 0.75 = 10200 \text{ VA} \quad (4.36)$$

4.6.5.4 Subtotal de carga del TD-1 antes de factores de demanda

La suma parcial de cargas antes de aplicar factores de demanda es:

$$P_{\text{sub}} = 4572 + 3000 + 1500 + 1500 + 10200 \quad (4.37)$$

$$P_{\text{sub}} = 19772 \text{ VA} \quad (4.38)$$

4.6.5.5 Aplicación del factor de demanda (NEC 220.42)

Para viviendas unifamiliares, el NEC permite aplicar los siguientes factores:

- Primeros **3000 VA** al **100 %**
- Excedente al **35 %**

$$P_{\text{dem}} = 3000 + (19772 - 3000) \times 0.35 \quad (4.39)$$

$$P_{\text{dem}} = 3000 + 5872.2 = 8695.2 \text{ VA} \quad (4.40)$$

Por lo tanto, la demanda final del subpanel TD-1 es:

$$P_{\text{TD-1}} = 8695.2 \text{ VA} \quad (4.41)$$

4.6.5.6 Corriente estimada del subpanel TD-1

Considerando una tensión de **240 V**:

$$I_{\text{TD-1}} = \frac{8695.2}{240} = 39.87 \text{ A} \quad (4.42)$$

4.6.5.7 Dimensionamiento de protecciones del subpanel TD-1

Aplicando el criterio conservador de carga continua:

$$I_{\text{diseño}} = 1.25 \times 39.87 = 49.84 \text{ A} \quad (4.43)$$

Se selecciona el valor comercial inmediato superior:

- Interruptor principal del subpanel: **60 A** (NEC 240.4)
- Alimentador: **6 AWG Cu** según ampacidad (NEC 310.16)
- Conductor de puesta a tierra del equipo: **10 AWG Cu** (NEC 250.122)

APLICAR FACTORES DE DEMANDA NEC		
Concepto	Fórmula NEC	Valor
Primeros 3,000 VA	100 % (NEC)	3,000 VA
Resto de la carga	35 % (NEC)	18,772 × 0.35 = 6,570 VA
Demanda total calculada	Suma	9,570 VA (9.57 kVA)

Figura 4.4: Aplicación de factores de demanda y demanda eléctrica total del subpanel TD-1 según NEC 220.42.

CÁLCULO DE DEMANDA SEGÚN NEC 2023 (Planta Alta)		
CONCEPTO	FÓRMULA NEC	VALOR
Área de planta alta	Dado	1,524 ft²
Carga general (iluminación y tomacorrientes de uso general)	3 VA/ft ² × área (Art. 220.12)	4,572 VA
Pequeños electrodomésticos (2 circuitos)	2 × 1,500 VA (Art. 210.11(C)(1))	3,000 VA
Lavandería	1,500 VA (Art. 210.11(C)(2))	1,500 VA
Circuito de baño	1,500 VA (Art. 210.11(C)(3))	1,500 VA
Refrigerador	Según NEC 422.10(A)	1,500 VA
Microondas empotrado	1,500 W típico (NEC 422.10(A))	1,500 VA
Campana extractora	360–600 VA (se adopta 600 VA)	600 VA
Secadora eléctrica (si aplica)	5,000 W (Art. 220.54)	5,000 VA
Motor de la puerta del garaje	600–1,000 W (se adopta 800 VA)	800 VA
Tomacorrientes del garaje	20 A × 120 V (Art. 210.52(G))	1,800 VA
Detectores de humo	Carga despreciable	0 VA
Subtotal sin aplicar factores de demanda	Suma directa	21,772 VA

Figura 4.5: Cálculo de la demanda eléctrica del subpanel TD-1 aplicando factores de demanda según NEC 220.42.

Nº	NOMBRE / DESCRIPCIÓN	TIPO DE	ARTÍCULO	VOLTAJE	CARGA NEC (VA)	CORRIENTE	BREAKER	CABLE NM-B	COLOR
C1	Iluminación general 1	Iluminación	220.12	120 V	Según 3 VA/ft ²	5-8 A	15 A	14/2 NM-B	Bianco
C2	Iluminación general 2	Iluminación	220.12	120 V	Según 3 VA/ft ²	5-8 A	15 A	14/2 NM-B	Bianco
C3	Small Appliance #1	Fuerza	210.11(C)(1)	120 V	1,500 VA	12.5 A	20 A	12/2 NM-B	Amarillo
C4	Small Appliance #2	Fuerza	210.11(C)(1)	120 V	1,500 VA	12.5 A	20 A	12/2 NM-B	Amarillo
C5	Laundry Circuit	Fuerza	210.11(C)(2)	120 V	1,500 VA	12.5 A	20 A	12/2 NM-B	Amarillo
C6	Bathroom Circuit	Fuerza	210.11(C)(3)	120 V	1,500 VA	12.5 A	20 A (GFCI)	12/2 NM-B	Amarillo
C7	Refrigeradora	Fuerza	422.10(A)	120 V	1,200–1,500 VA	10–12.5 A	20 A	12/2 NM-B	Amarillo
C8	Microwave empotrado	Fuerza	422.16(B)(4)	120 V	1,500 VA típico	12.5 A	20 A Empotrado / Meson 20 A (GFCI)	12/2 NM-B	Amarillo
C9	Campana extractora	Fuerza	422.16(B)(4)	120 V	360–600 VA	3–5 A	15 A	14/2 NM-B	Bianco
C10	Lavadora (washer)	Fuerza	210.11(C)(2)	120 V	1,500 VA	12.5 A	20 A	12/2 NM-B	Amarillo
C11	Secadora eléctrica	Fuerza	220.54	240 V	5,000 VA	20.8 A	30 A	10/3 NM-B	Naranja
C12	Motor puerta garaje (GDO)	Fuerza	210.12(A)	120 V	600–1,000 W	5-8 A	15 A (AFCI)	14/2 NM-B	Bianco
C13	Tomacorrientes garaje	Fuerza	210.52(G)	120 V	1,800 VA	15 A	20 A (GFCI)	12/2 NM-B	Amarillo
C14	Detectores de humo	Iluminación	760.41 /	120 V	Carga baja	<1 A	15 A (AFCI)	14/3 NM-B	Bianco / Azul
C15	Fixed Appliances	Fuerza	220.53	120 V	75 % si >4 equipos	10–12 A	20 A	12/2 NM-B	Amarillo
C16	Motor adicional	Fuerza	220.50	120/240 V	125 % del motor	No aplica / depende de placa / aún no definido	No aplica / depende de placa / aún no definido	Según motor	No aplica / depende de placa / aún no definido

Figura 4.6: Circuitos derivados y protecciones del subpanel TD-1 según NEC 2023.

4.6.6 Cálculo de la demanda eléctrica total del proyecto

Una vez obtenidas las demandas eléctricas individuales de los subpaneles TD-1 (Planta Alta) y TD-2 (Planta Baja), se procede a determinar la demanda eléctrica total del proyecto, conforme a los criterios establecidos en la NFPA 70 – NEC 2023.

4.6.6.1 Demanda por subpanel

La demanda eléctrica calculada para cada subpanel es la siguiente:

- Subpanel TD-1: 8.695 kVA
- Subpanel TD-2: 5.401 kVA

4.6.6.2 Demanda total del sistema

La demanda total del sistema se obtiene mediante la suma directa de las demandas de ambos subpaneles:

$$\text{Demanda total} = 8.695 \text{ kVA} + 5.401 \text{ kVA} = 14.096 \text{ kVA}$$

Este valor representa la demanda eléctrica total del proyecto residencial.

4.6.6.3 Cálculo de la corriente total del sistema

Considerando un sistema monofásico de 120/240 V, la corriente total del sistema se calcula mediante la expresión:

$$I = \frac{14.096 \times 1000}{240} = 58.73 \text{ A}$$

Por lo tanto, la corriente total calculada del sistema es de 58.73 A.

4.6.6.4 Selección del interruptor principal y conductores

Con base en la corriente calculada y los criterios de selección del NEC, se establecen los siguientes parámetros:

- Corriente mínima calculada: 58.73 A
- Interruptor automático mínimo según NEC: 60 A
- Interruptor principal seleccionado: 100 A
- Conductor mínimo del alimentador: #4 AWG Cu
- Tensión del sistema: 120/240 V monofásico

La capacidad del servicio seleccionado es adecuada para cubrir la demanda total del proyecto, garantizando un funcionamiento seguro y conforme a la NFPA 70 – NEC 2023.

4.6.7 Sistema de puesta a tierra del proyecto

El sistema de puesta a tierra del proyecto residencial se diseña conforme a los criterios establecidos en la NFPA 70 – NEC 2023, Artículo 250, con el objetivo de garantizar la seguridad de las personas, la correcta operación de los equipos eléctricos y la adecuada disipación de corrientes de falla.

4.6.7.1 Configuración del sistema de puesta a tierra

El proyecto contempla un sistema monofásico de **120/240 V**, en el cual el punto de unión entre el conductor neutro y el sistema de puesta a tierra se realiza **únicamente en el tablero de distribución principal**, conforme a lo indicado en el NEC 250.24(A).

En los subpaneles TD-1 y TD-2:

- El conductor neutro se mantiene **aislado del gabinete**.
- El conductor de puesta a tierra del equipo (EGC) se conecta a la barra de tierra del subpanel.

Esta configuración evita la circulación de corrientes indebidas por el conductor de protección y cumple con los criterios de seguridad exigidos por el NEC.

4.6.7.2 Electrodo de puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra del servicio utiliza un electrodo tipo varilla de cobre, instalado conforme al NEC 250.52(A)(5). El electrodo se conecta al tablero principal mediante el conductor de puesta a tierra del electrodo (GEC).

4.6.7.3 Dimensionamiento del conductor de puesta a tierra

El conductor de puesta a tierra del electrodo se dimensiona en función del calibre del conductor del alimentador del servicio, de acuerdo con la Tabla 250.66 del NEC.

Para el proyecto:

- Interruptor principal seleccionado: **100 A**
- Conductor del alimentador del servicio: **#4 AWG Cu**

Por lo tanto, el conductor de puesta a tierra del electrodo cumple con los valores mínimos establecidos por el NEC para este nivel de servicio.

4.6.7.4 Conductor de puesta a tierra del equipo (EGC)

El conductor de puesta a tierra del equipo se dimensiona en función del valor del interruptor que protege cada alimentador, conforme al NEC 250.122:

- Para TD-1 y TD-2, el EGC se selecciona de acuerdo con el interruptor de protección de cada subpanel.

Este criterio garantiza una adecuada trayectoria de falla y la correcta operación de los dispositivos de protección.

4.6.8 Tablero de distribución principal (Main Panel)

El tablero de distribución principal constituye el punto central de protección, control y distribución de la energía eléctrica del proyecto residencial, cumpliendo con los requisitos de la NFPA 70 – NEC 2023.

4.6.8.1 Características generales del tablero principal

El tablero principal presenta las siguientes características:

- Tipo de sistema: **120/240 V monofásico**.
- Función: punto de desconexión del servicio y distribución hacia los subpaneles TD-1 y TD-2.
- Ubicación: conforme a los criterios de accesibilidad y seguridad establecidos por el NEC 240.24.

4.6.8.2 Interruptor principal del servicio

Con base en la corriente total calculada del sistema:

$$I_{\text{total}} = 58.73 \text{ A} \quad (4.44)$$

y considerando los valores normalizados de protección, se selecciona:

- Interruptor automático mínimo según NEC: **60 A**.
- Interruptor principal seleccionado: **100 A**.

Este valor proporciona un margen adecuado de seguridad y permite futuras ampliaciones del sistema sin comprometer la operación.

4.6.8.3 Alimentación hacia los subpaneles

Desde el tablero principal se alimentan los subpaneles:

- Subpanel TD-1 (Planta Alta).
- Subpanel TD-2 (Planta Baja / Basement).

Cada alimentador cuenta con:

- Interruptor de protección independiente.
- Conductores fase, neutro y conductor de puesta a tierra del equipo, correctamente dimensionados conforme a los artículos 215 y 250 del NEC.

De esta manera, el tablero principal garantiza una distribución segura, ordenada y conforme a normativa, cerrando el análisis eléctrico del proyecto a nivel de servicio y protección general.

4.6.8.4 Tipo de gabinete del tablero

El tablero de distribución principal y los subpaneles TD-1 y TD-2 se alojan en gabinetes metálicos para uso interior, clasificados como **NEMA 1**, conforme a los requisitos establecidos en los artículos 312 y 408 de la NFPA 70 – NEC 2023.

Estos gabinetes están diseñados para instalaciones en interiores, proporcionando protección mecánica adecuada a los conductores y dispositivos de protección, y garantizando condiciones seguras de operación del sistema eléctrico residencial.

4.6.9 Clasificación NEMA 1 de los gabinetes eléctricos

Los tableros de distribución principal y los subpaneles del sistema eléctrico residencial se alojan en gabinetes metálicos clasificados como **NEMA Tipo 1**, conforme a los criterios de la *National Electrical Manufacturers Association* y a los requerimientos establecidos en la NFPA 70 – NEC 2023.

Un gabinete **NEMA 1** está diseñado para uso en **interiores**, proporcionando protección básica contra el contacto accidental con partes energizadas, así como contra la caída de objetos sólidos no peligrosos. Este tipo de envolvente no ofrece protección contra humedad, polvo en suspensión, lluvia o condiciones ambientales severas, por lo que su aplicación se limita exclusivamente a ambientes interiores secos.

De acuerdo con la NFPA 70 – NEC 2023, los tableros de distribución instalados en espacios interiores residenciales pueden emplear gabinetes NEMA 1, siempre que se

garantice su correcta ubicación, accesibilidad y condiciones adecuadas de ventilación (Artículos 312 y 408).

La selección de gabinetes NEMA 1 para el proyecto residencial se justifica debido a que:

- Los tableros se encuentran ubicados en áreas interiores protegidas de la vivienda.
- No existe exposición directa a humedad, lluvia o agentes corrosivos.
- Se cumple con los criterios de seguridad eléctrica y accesibilidad establecidos por el NEC.

Por lo tanto, el uso de gabinetes NEMA Tipo 1 resulta técnicamente adecuado y normativamente válido para el sistema eléctrico residencial analizado, garantizando una instalación segura y conforme a la NFPA 70 – NEC 2023.

4.6.10 Sistema de puesta a tierra del proyecto

El sistema de puesta a tierra del proyecto residencial se diseña conforme a los criterios establecidos en el Capítulo 2 de la NFPA 70 – NEC 2023, con el objetivo de garantizar la seguridad de las personas, la correcta operación de los equipos eléctricos y la actuación adecuada de los dispositivos de protección ante fallas a tierra.

4.6.11 Configuración del sistema de puesta a tierra

El proyecto contempla un sistema eléctrico monofásico de 120/240 V, en el cual la unión entre el conductor puesto a tierra (neutro) y el sistema de puesta a tierra se realiza únicamente en el tablero de distribución principal, conforme a lo establecido en el Artículo 250.24(A) de la NFPA 70 – NEC 2023.

Esta configuración es obligatoria en instalaciones residenciales y tiene como objetivo asegurar una trayectoria efectiva de corriente de falla, evitando la circulación de corrientes indebidas por las masas metálicas del sistema eléctrico.

4.6.11.1 Configuración en el tablero principal y subpaneles

En el tablero de distribución principal se realiza la conexión entre:

- El conductor neutro (conductor puesto a tierra).
- El conductor de puesta a tierra del equipo (EGC).
- El conductor del electrodo de puesta a tierra (GEC).

Esta unión se efectúa mediante el puente de enlace principal (*main bonding jumper*), cumpliendo con los Artículos 250.24(A)(1) y 250.28 del NEC.

En los subpaneles TD-1 (planta alta) y TD-2 (sótano):

- El conductor neutro se mantiene completamente aislado del gabinete.
- El conductor de puesta a tierra del equipo (EGC) se conecta a la barra de tierra del subpanel.

Esta disposición cumple con lo indicado en el Artículo 250.24(A)(5) del NEC y evita la circulación de corrientes de retorno por los conductores de protección.

4.6.11.2 Tipo de conductores empleados en el sistema de puesta a tierra

Los conductores utilizados en el sistema de puesta a tierra del proyecto corresponden a conductores de cobre, instalados en canalización, seleccionados conforme a los criterios establecidos en la NFPA 70 – NEC 2023.

De acuerdo con el Artículo 310.10 del NEC, se permite el uso de conductores con aislamiento termoplástico listados para instalaciones en lugares secos y húmedos. En este contexto, se consideran conductores comúnmente empleados aquellos identificados como THHN/THWN-2, los cuales cumplen con los requisitos de resistencia térmica y a la humedad exigidos por la normativa.

El conductor de puesta a tierra del electrodo (GEC) se dimensiona en función del calibre del conductor del alimentador del servicio, conforme a la Tabla 250.66 del NEC (Artículo 250.66). Por su parte, los conductores de puesta a tierra del equipo (EGC) asociados a los alimentadores y circuitos derivados se dimensionan según la Tabla 250.122 del NEC, en función del valor del dispositivo de protección contra sobrecorriente correspondiente.

La correcta selección y dimensionamiento de los conductores del sistema de puesta a tierra garantiza una adecuada continuidad eléctrica, una trayectoria efectiva de corriente de falla y el cumplimiento de los criterios de seguridad establecidos en la NFPA 70 – NEC 2023.

4.6.11.2.1 Configuración en los subpaneles TD-1 y TD-2. En los subpaneles TD-1 y TD-2 se mantiene estrictamente la separación entre el conductor neutro y el conductor de puesta a tierra del equipo, de acuerdo con los Artículos 250.24(A)(5) y 408.40 del NEC. En consecuencia:

- El conductor neutro se mantiene completamente aislado del gabinete metálico.

- El conductor de puesta a tierra del equipo (EGC), de cobre desnudo o aislado verde, se conecta a la barra de tierra del subpanel.

Esta configuración evita la circulación de corrientes indebidas por las partes metálicas del sistema y reduce el riesgo de tensiones de contacto peligrosas, garantizando la seguridad de las personas y la integridad de los equipos eléctricos.

4.6.11.2.2 Electrodo de puesta a tierra. El sistema de puesta a tierra del proyecto se conecta a un electrodo de puesta a tierra conforme a lo indicado en el Artículo 250.50 del NEC. El conductor del electrodo de puesta a tierra (GEC) es de cobre, dimensionado según la Tabla 250.66 del NEC, en función del calibre del conductor del servicio.

4.6.11.2.3 Criterio normativo y de seguridad. La configuración adoptada cumple con los principios fundamentales del sistema TN utilizado en instalaciones residenciales en los Estados Unidos, donde el neutro se encuentra conectado a tierra únicamente en el punto de servicio, mientras que los subpaneles operan con neutro aislado y conductor de protección independiente, conforme a los criterios de seguridad del NEC 2023.

4.6.11.3 Electrodo de puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra del servicio eléctrico se conecta a electrodos de puesta a tierra, los cuales pueden consistir en varillas de puesta a tierra tipo copper-clad, elementos metálicos enterrados o electrodos permitidos por el NEC, según las condiciones del sitio de instalación.

Estos electrodos se conectan al tablero principal mediante el conductor de puesta a tierra del sistema, dimensionado conforme al artículo NEC 250.66, garantizando una baja impedancia hacia tierra y una adecuada disipación de corrientes de falla.

4.6.11.4 Conductores de puesta a tierra del equipo

Todos los alimentadores y circuitos derivados incluyen un conductor de puesta a tierra del equipo (EGC), el cual se dimensiona en función del interruptor de protección que alimenta cada circuito, de acuerdo con la Tabla NEC 250.122.

Este conductor asegura la continuidad eléctrica de las masas metálicas de los equipos y canalizaciones, permitiendo que, ante una falla a tierra, la corriente de falla circule de manera segura y provoque la operación inmediata del dispositivo de protección.

4.6.11.5 Criterio de seguridad del sistema

El sistema de puesta a tierra implementado garantiza:

- Protección efectiva contra contactos indirectos.
- Correcta operación de interruptores automáticos ante fallas a tierra.
- Estabilidad del sistema eléctrico residencial.
- Cumplimiento integral de los requisitos establecidos por la NFPA 70 – NEC 2023.

De esta manera, el diseño del sistema de puesta a tierra del proyecto cumple con los criterios técnicos y normativos exigidos para instalaciones residenciales, complementando adecuadamente el análisis de cargas, protecciones y distribución del sistema eléctrico.

4.6.12 Especificación de conductores y cableado tipo NM-B (Romex)

El sistema eléctrico residencial del proyecto utiliza conductores de cobre con aislamiento termoplástico, agrupados en cable tipo NM-B, comúnmente conocido como *Romex*, el cual es el método de cableado más utilizado en instalaciones residenciales en los Estados Unidos.

Este tipo de cable está permitido para instalaciones interiores, conforme al artículo NEC 334.10 de la NFPA 70 – NEC 2023.

4.6.12.1 Calibres de conductores utilizados

Los calibres de los conductores se seleccionan en función de la corriente nominal de cada circuito y del interruptor de protección asociado, cumpliendo con los criterios de ampacidad establecidos en la Tabla NEC 310.16 y el artículo NEC 334.80.

Los calibres empleados en el proyecto son los siguientes:

- **14 AWG Cu:** utilizado en circuitos de iluminación y tomacorrientes de 15 A.
- **12 AWG Cu:** utilizado en circuitos de tomacorrientes de 20 A, pequeños electrodomésticos, lavandería y circuitos GFCI.
- **10 AWG Cu:** utilizado en circuitos de mayor demanda, como secadoras eléctricas y alimentadores de subpaneles.
- **4 AWG Cu:** utilizado como conductor principal del alimentador del servicio eléctrico residencial.

4.6.12.2 Identificación por color de la chaqueta del cable NM-B

Conforme a la práctica estándar en instalaciones residenciales en los Estados Unidos, el cable NM-B se identifica por el color de su chaqueta exterior, lo cual facilita la inspección y verificación del calibre durante la instalación:

- **Chaqueta blanca:** cable NM-B calibre 14 AWG.
- **Chaqueta amarilla:** cable NM-B calibre 12 AWG.
- **Chaqueta naranja:** cable NM-B calibre 10 AWG.
- **Chaqueta negra:** cable NM-B calibres 8 AWG o mayores.

Esta codificación por color es una práctica ampliamente aceptada en los Estados Unidos y compatible con los requerimientos del NEC.

4.6.12.3 Identificación de conductores internos

Cada cable NM-B contiene conductores aislados con identificación cromática normalizada, permitiendo una correcta conexión y seguridad del sistema eléctrico:

- **Conductor de fase (línea):** aislamiento de color negro o rojo.
- **Conductor neutro:** aislamiento de color blanco.
- **Conductor de puesta a tierra del equipo (EGC):** cobre desnudo.

Esta identificación cumple con lo establecido en los artículos NEC 200 y NEC 250.

4.6.12.4 Aplicación en el proyecto

El uso de cable NM-B tipo Romex, con los calibres y colores especificados, garantiza:

- Cumplimiento normativo con la NFPA 70 – NEC 2023.
- Facilidad de inspección y mantenimiento.
- Seguridad eléctrica en la operación del sistema residencial.

La selección del cableado se considera adecuada para las condiciones de instalación interior del proyecto, cerrando correctamente el criterio técnico de canalización y conductores.

4.6.13 Diagrama unifilar del sistema eléctrico

Con base en los cálculos de demanda eléctrica, corriente total del sistema, selección del interruptor principal, conductores y sistema de puesta a tierra, se presenta el diagrama unifilar del proyecto residencial.

El diagrama unifilar representa de forma esquemática la configuración general del sistema eléctrico, desde el punto de suministro hasta el tablero de distribución principal y los subpaneles TD-1 y TD-2, incluyendo dispositivos de protección, calibres de conductores, niveles de tensión y conexión a tierra, conforme a los criterios establecidos en la NFPA 70 – NEC 2023.

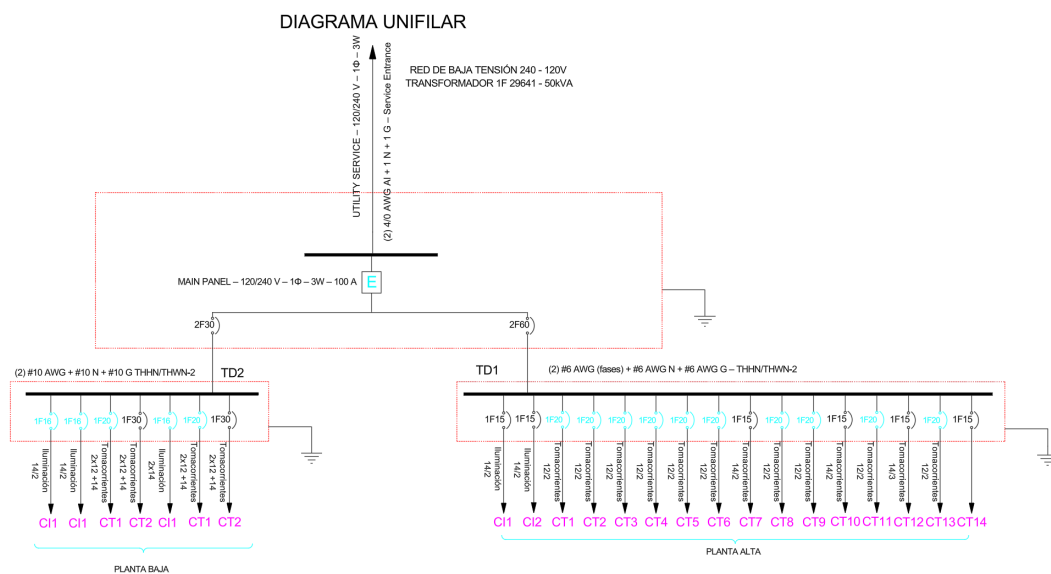


Figura 4.7: Diagrama unifilar del sistema eléctrico residencial conforme a la NFPA 70 – NEC 2023.

4.7 APLICACIÓN DE LA NORMATIVA NEC 2023 EN INSTALACIONES COMERCIALES

4.7.1 Introducción

El presente apartado desarrolla la aplicación de la normativa *NFPA 70 – National Electrical Code (NEC 2023)* en una edificación de uso comercial, tomando como caso de estudio un *Centro de Revisión Vehicular*. Este tipo de instalación se clasifica como una ocupación no residencial, cuyas condiciones de operación requieren criterios de diseño eléctrico distintos a los utilizados en instalaciones residenciales.

Las edificaciones comerciales presentan mayores densidades de carga, operación continua de equipos eléctricos y la presencia de sistemas de fuerza asociados a procesos

técnicos específicos. En consecuencia, el diseño eléctrico debe garantizar condiciones adecuadas de seguridad, confiabilidad y cumplimiento normativo, conforme a los lineamientos establecidos por el NEC para este tipo de ocupaciones.

El análisis desarrollado en esta sección se fundamenta exclusivamente en la normativa vigente de los Estados Unidos, correspondiente al *NEC 2023*. Los resultados obtenidos permitirán posteriormente realizar un análisis comparativo con el diseño desarrollado bajo la normativa ecuatoriana.

4.7.2 Enfoque normativo y alcance

El presente diseño eléctrico corresponde a una aplicación directa de la normativa *NFPA 70 – National Electrical Code (NEC 2023)*, normativa utilizada en los Estados Unidos para instalaciones eléctricas residenciales y comerciales. En este apartado no se consideran disposiciones de la normativa ecuatoriana, las cuales serán abordadas en un capítulo posterior de forma independiente.

El alcance de este subcapítulo se limita al cálculo de cargas, la distribución de circuitos, el dimensionamiento de conductores, la selección de dispositivos de protección y la verificación de criterios técnicos, conforme a los artículos aplicables del NEC para ocupaciones no residenciales. Esta delimitación permite un análisis ordenado y coherente del diseño eléctrico bajo normativa estadounidense.

4.7.3 Clasificación del tipo de ocupación

La edificación analizada corresponde a un *Centro de Revisión Vehicular*, el cual se clasifica como una ocupación no residencial (*Non-Dwelling Occupancy*), específicamente del tipo *Automotive Facility*, conforme a la clasificación establecida en el *National Electrical Code*.

Esta clasificación define la metodología de cálculo de carga eléctrica y los criterios de diseño aplicables, permitiendo el uso del método de cargas conectadas para iluminación, tomacorrientes y equipos de fuerza, sin la aplicación de factores globales de simultaneidad.

En función de esta ocupación, el diseño eléctrico se desarrolla considerando cargas de operación continua, equipos de fuerza dedicados y una distribución de circuitos acorde a las condiciones propias de instalaciones comerciales.

4.7.4 Metodología de cálculo de carga eléctrica

El cálculo de la carga eléctrica del Centro de Revisión Vehicular se desarrolló conforme a los criterios establecidos en el *National Electrical Code (NEC 2023)* para ocupaciones no residenciales. La metodología aplicada considera las cargas de iluminación, tomacorrientes y equipos de fuerza, evaluadas de manera independiente y posteriormente integradas en el balance general del sistema.

La carga de iluminación general se determinó mediante el método por área, aplicando los valores unitarios correspondientes al tipo de ocupación *Automotive Facility*, conforme a lo indicado en el Artículo 220 del NEC. Este método permite estimar la demanda de iluminación de forma global y coherente con las condiciones de operación del local comercial.

La carga de tomacorrientes se calculó a partir de una carga unitaria por punto de conexión, multiplicada por el número total estimado de tomacorrientes instalados en el proyecto. Este procedimiento se aplica conforme a los criterios establecidos para edificaciones comerciales, considerando cargas conectadas.

Los equipos de fuerza fueron tratados como cargas dedicadas, calculadas en función de su potencia nominal instalada. Para este tipo de carga no se aplicaron factores globales de demanda o simultaneidad, de acuerdo con los lineamientos del NEC para ocupaciones no residenciales.

Finalmente, la demanda total del local comercial se obtuvo mediante la suma directa de las cargas de iluminación, tomacorrientes y equipos de fuerza, sirviendo como base para el dimensionamiento de conductores, dispositivos de protección y alimentadores del sistema eléctrico.

4.7.5 Criterios normativos adoptados para el cálculo de cargas

Para el desarrollo de los cálculos eléctricos del local comercial se adoptaron los criterios establecidos en el *National Electrical Code, edición 2023*, aplicables a ocupaciones no residenciales clasificadas como *Automotive Facility*.

La carga de iluminación general se determinó mediante el método por área, el cual es recomendado por el código para edificaciones comerciales donde no se dispone de un detalle específico de luminarias. Para este tipo de ocupación, el código establece un valor unitario de 1.5 VA por pie cuadrado, valor que permite representar de manera adecuada las condiciones de iluminación requeridas en áreas de trabajo, circulación y zonas técnicas propias de centros de revisión vehicular (Tabla 220.12 del NEC 2023). Este valor se aplica sobre el área total construida del establecimiento.

En el caso de los tomacorrientes de uso general, el código indica que cada punto de conexión debe considerarse con una carga unitaria fija, independientemente del equipo que pueda conectarse posteriormente. Para edificaciones comerciales, este valor corresponde a 180 VA por tomacorriente, criterio que permite estimar la carga conectada de manera conservadora y uniforme en el diseño eléctrico (Artículo 220.14(I) del NEC 2023).

Los equipos de fuerza se consideraron como cargas dedicadas, evaluadas a partir de su potencia nominal instalada. El código establece que este tipo de cargas debe incluirse de forma directa en el cálculo de la demanda, sin la aplicación de factores globales de simultaneidad, debido a su carácter fijo y a las condiciones normales de operación en instalaciones comerciales (Artículo 220.50 del NEC 2023).

Los criterios normativos descritos constituyen la base para el desarrollo de los cálculos de carga eléctrica presentados en las secciones siguientes, garantizando coherencia técnica y cumplimiento con la normativa estadounidense vigente.

4.7.5.1 Carga de iluminación general por área (NEC 220.42)

(La carga de iluminación general del local comercial se determinó mediante el método (por área), conforme al (NEC 2023) para ocupaciones (Non-Dwelling). Este criterio se aplica porque el (NEC 220.42) establece el cálculo de carga de iluminación general a partir del área del edificio y un valor unitario (VA/ft²) asociado al tipo de ocupación.)

4.7.5.1.1 Datos de entrada.

- (Área total construida) = (700 m²).
- (Conversión) = (1 m² = 10.764 ft²).
- (Carga unitaria adoptada) = (1.5 VA/ft²) (según el tipo de ocupación usado en la tabla de cálculo).

4.7.5.1.2 Procedimiento de cálculo (evidencia). (Primero se convierte el área del proyecto de (m²) a (ft²) para trabajar en las unidades del (NEC):)

$$(\text{Área}_{ft^2}) = (700 \text{ m}^2) \times (10.764 \text{ ft}^2/\text{m}^2) \quad (4.45)$$

$$(\text{Área}_{ft^2}) = (7534.8 \text{ ft}^2) \approx (7535 \text{ ft}^2) \quad (4.46)$$

(Después se calcula la carga de iluminación general multiplicando el área en (ft²) por la carga unitaria (VA/ft²), conforme al (NEC 220.42):)

$$(\text{Carga}_{\text{ilum}} (VA)) = (\text{Área}_{ft^2}) \times (\text{Carga unitaria } (VA/ft^2)) \quad (4.47)$$

$$(\text{Carga}_{\text{ilum}} (VA)) = (7535) \times (1.5) \quad (4.48)$$

$$(\text{Carga}_{\text{ilum}} (VA)) = (11302.5 VA) \quad (4.49)$$

(Finalmente, se expresa el resultado en (kVA) para consistencia con el resumen de demanda:)

$$(\text{Carga}_{\text{ilum}} (kVA)) = \frac{(11302.5 VA)}{(1000)} = (11.30 kVA) \quad (4.50)$$

4.7.5.1.3 Resultado. (La carga de iluminación general calculada por área para el local comercial es de (11.30 kVA), conforme a (NEC 220.42), coincidiendo con el valor obtenido en la hoja de (Excel).)

4.7.5.2 Carga de tomacorrientes (NEC 220.14)

(La carga de tomacorrientes se calculó conforme al (NEC 2023), específicamente al (Artículo 220.14), el cual establece que, para ocupaciones no residenciales, cada salida de tomacorriente de uso general debe considerarse con una carga mínima de (180 VA), independientemente del equipo que se conecte.)

(Este criterio se utiliza debido a que el (NEC) permite estimar la demanda de tomacorrientes sin necesidad de identificar cada carga individual, siendo un método aceptado para instalaciones comerciales e industriales.)

4.7.5.2.1 Datos de entrada (según hoja de Excel).

- (Número total de tomacorrientes instalados) = (N).
- (Carga unitaria por tomacorriente) = (180 VA), según (NEC 220.14).

4.7.5.2.2 Procedimiento de cálculo (evidencia). (La carga total de tomacorrientes se obtiene multiplicando el número total de salidas por la carga unitaria establecida por el (NEC):)

$$(\text{Carga}_{\text{tomacor}} (VA)) = (N) \times (180 VA) \quad (4.51)$$

(El resultado se expresa en (kVA) para su posterior integración en el cálculo de demanda total del tablero:)

$$(\text{Carga}_{\text{tomas}} (kVA)) = \frac{(\text{Carga}_{\text{tomas}} (VA))}{1000} \quad (4.52)$$

4.7.5.2.3 Resultado. (La carga de tomacorrientes obtenida corresponde al valor registrado en la hoja de cálculo (Excel), y será utilizada en la sumatoria de cargas del tablero correspondiente, conforme al (NEC 220.40).)

4.7.5.3 Carga de equipos de fuerza (NEC 220.50)

(La carga correspondiente a los equipos de fuerza del local comercial se determinó considerando cada equipo como una (carga dedicada), evaluada a partir de su (potencia nominal instalada). Este criterio se adopta conforme al (NEC 2023), el cual establece en el (Artículo 220.50) que los equipos fijos deben ser considerados a su valor nominal para el cálculo de carga.)

(Adicionalmente, para aquellos equipos que incorporan motores eléctricos, se toman como referencia los lineamientos generales del (NEC 430), sin que esto implique la aplicación de factores globales de demanda, dado que se trata de una ocupación (Non-Dwelling).)

4.7.5.3.1 Datos de entrada (según tabla de cálculo en Excel). (Los equipos de fuerza considerados corresponden a los sistemas propios de un (Centro de Revisión Vehicular), tales como frenómetros, bancos de prueba, analizadores y equipos auxiliares. La potencia nominal de cada equipo fue tomada de las fichas técnicas del fabricante y consolidada en la hoja de cálculo.)

4.7.5.3.2 Procedimiento de cálculo (evidencia). (La carga total de fuerza se obtiene mediante la sumatoria directa de las potencias nominales instaladas de cada equipo:)

$$(\text{Carga}_{\text{fuerza}} (kW)) = \sum (\text{Potencia nominal de cada equipo}) \quad (4.53)$$

(De acuerdo con la tabla de cálculo desarrollada en (Excel), la sumatoria de potencias nominales instaladas es:)

$$(\text{Carga}_{\text{fuerza}} (kW)) = (38.75 kW) \quad (4.54)$$

(Para efectos del balance de carga y coherencia con el resto del análisis, se adopta un (factor de potencia unitario), por lo que:)

$$(\text{Carga}_{\text{fuerza}} (kVA)) \approx (38.75 kVA) \quad (4.55)$$

4.7.5.3.3 Resultado. (La carga total correspondiente a los equipos de fuerza del local comercial es de (38.75 kVA), valor que coincide con la tabla de cálculo desarrollada en (Excel) y se utiliza posteriormente en la sumatoria general de cargas del sistema, conforme a los criterios del (NEC 220).)

4.7.5.4 Sumatoria de cargas del local comercial (NEC Art. 220)

(Una vez determinadas las cargas individuales correspondientes a (iluminación), (tomacorrientes) y (equipos de fuerza), se procede a realizar la sumatoria de cargas del local comercial. Este procedimiento se desarrolla conforme a los criterios del (NEC 2023), establecidos en el (Artículo 220), aplicando el método de (cargas conectadas) para ocupaciones (Non-Dwelling).)

(La demanda total del local se obtiene mediante la suma directa de las cargas calculadas en los apartados anteriores, sin aplicar factores globales de simultaneidad, debido a la naturaleza operativa del establecimiento y al uso de cargas dedicadas.)

4.7.5.4.1 Valores obtenidos.

- (Carga de iluminación general) = (11.30 kVA).
- (Carga de tomacorrientes) = (7.20 kVA).
- (Carga de equipos de fuerza) = (38.75 kVA).

4.7.5.4.2 Procedimiento de cálculo (evidencia).

$$(\text{Demanda total } (kVA)) = (\text{Carga}_{\text{ilum}}) + (\text{Carga}_{\text{tomas}}) + (\text{Carga}_{\text{fuerza}}) \quad (4.56)$$

$$(\text{Demanda total } (kVA)) = (11.30) + (7.20) + (38.75) \quad (4.57)$$

$$(\text{Demanda total } (kVA)) = (57.25 kVA) \quad (4.58)$$

4.7.5.4.3 Resultado. (La demanda total calculada para el local comercial es de (57.25 kVA). Este valor coincide con el cuadro de cargas desarrollado en (Excel) y se adopta como base para el dimensionamiento de los tableros (TD1 y TD2), así

como del tablero general y del alimentador principal, conforme a los lineamientos del (NEC 2023.)

4.7.5.5 Cálculo de carga del tablero TD1 (NEC Art. 220)

(El tablero TD1 corresponde a un subtablero de distribución que alimenta circuitos de (iluminación), (tomacorrientes) y (equipos de fuerza) del Centro de Revisión Vehicular. Su análisis se desarrolla de forma independiente, conforme a los criterios del (NEC 2023) para ocupaciones (Non-Dwelling).)

(De acuerdo con el (Artículo 220 del NEC), la demanda del tablero se obtiene mediante la sumatoria de las cargas conectadas asignadas a dicho tablero, sin la aplicación de factores globales de simultaneidad.)

4.7.5.5.1 Cargas asignadas al tablero TD1. Según el cuadro de cargas desarrollado en (Excel), el tablero TD1 alimenta las siguientes cargas:

- (Iluminación general) = (valor según Excel).
- (Tomacorrientes) = (valor según Excel).
- (Equipos de fuerza) = (valor según Excel).

4.7.5.5.2 Procedimiento de cálculo.

$$(\text{Demanda TD1 (kVA)}) = (\text{Iluminación}_{TD1}) + (\text{Tomacorrientes}_{TD1}) + (\text{Fuerza}_{TD1}) \quad (4.59)$$

4.7.5.5.3 Resultado. (La demanda total calculada para el tablero TD1 se obtiene directamente de la sumatoria de las cargas asignadas en el cuadro de cargas del proyecto. Este valor se adopta como base para el cálculo de la corriente, el dimensionamiento del alimentador y la selección del dispositivo de protección del tablero TD1, conforme al (NEC 2023).)

4.7.5.6 Cálculo de la corriente del tablero TD1

(Una vez determinada la demanda eléctrica del tablero TD1, se procede al cálculo de la corriente correspondiente, conforme a los criterios establecidos en el (NEC 2023). Este cálculo permite evaluar el nivel de corriente que circulará por el alimentador

del tablero y constituye la base para el posterior dimensionamiento de conductores y dispositivos de protección.)

(El sistema eléctrico adoptado para el proyecto es de tipo (trifásico), con una tensión nominal línea-línea de (240 V), característica de instalaciones comerciales bajo normativa estadounidense.)

4.7.5.6.1 Expresión utilizada.

$$I_{TD1} = \frac{S_{TD1}}{\sqrt{3} V_{LL}} \quad (4.60)$$

4.7.5.6.2 Sustitución de valores.

$$I_{TD1} = \frac{(\text{Demanda TD1 en VA})}{\sqrt{3} \times 240} \quad (4.61)$$

4.7.5.6.3 Resultado. (El valor obtenido corresponde a la corriente nominal de operación del tablero TD1. Este resultado coincide con el cálculo desarrollado en el cuadro de cargas del proyecto en (Excel) y se empleará en el siguiente apartado para la aplicación del factor del (125 %) y la selección del dispositivo de protección y del alimentador del tablero TD1.)

4.7.5.7 Aplicación del factor del 125 % al tablero TD1

(Una vez obtenida la corriente nominal de operación del tablero TD1, se procede a aplicar el factor del (125 %), conforme a los criterios establecidos en el (NEC 2023). Este factor se utiliza exclusivamente para el dimensionamiento de conductores y la selección del dispositivo de protección contra sobrecorriente.)

(De acuerdo con lo indicado en los (Artículos 210.20(A), 215.3 y 230.42 del NEC), los conductores y dispositivos de protección que alimentan cargas de operación continua deben dimensionarse considerando un incremento del (125 %) sobre la corriente nominal.)

4.7.5.7.1 Expresión utilizada.

$$I_{\text{diseño, TD1}} = 1.25 \times I_{TD1} \quad (4.62)$$

4.7.5.7.2 Sustitución de valores.

$$I_{\text{diseño, TD1}} = 1.25 \times (\text{Corriente nominal TD1}) \quad (4.63)$$

4.7.5.7.3 Resultado. (El valor obtenido corresponde a la corriente de diseño del tablero TD1. Esta corriente no representa un aumento de la demanda eléctrica, sino que se emplea exclusivamente como referencia para la selección del interruptor automático y del calibre de los conductores del alimentador del tablero TD1, conforme al (NEC 2023).)

4.7.5.8 Selección del interruptor automático del tablero TD1

(Una vez determinada la corriente de diseño del tablero TD1, se procede a la selección del interruptor automático principal que lo protege. Esta selección se realiza conforme a los criterios establecidos en el (NEC 2023), garantizando que el dispositivo de protección sea adecuado para la corriente de diseño calculada.)

(De acuerdo con los (Artículos 210.20(A) y 215.3 del NEC), el interruptor automático debe tener una corriente nominal mayor o igual a la corriente de diseño del circuito. Adicionalmente, el (Artículo 240.6) establece los valores normalizados de interruptores automáticos disponibles comercialmente.)

4.7.5.8.1 Criterio de selección.

- (Corriente de diseño del tablero TD1) = (valor obtenido en el PASO 7).
- (Valor del interruptor seleccionado) \geq (corriente de diseño).

4.7.5.8.2 Interruptor seleccionado. (Con base en los valores normalizados establecidos por el (NEC 240.6), se selecciona un interruptor automático trifásico de:)

(125 A – 3P)

(Este valor cumple con el criterio normativo, proporciona un margen adecuado de operación y garantiza la correcta protección del tablero TD1 frente a sobrecorrientes, conforme a la normativa vigente.)

4.7.5.9 Selección del alimentador del tablero TD1

(Una vez seleccionado el interruptor automático del tablero TD1, se procede al dimensionamiento del alimentador correspondiente, conforme a los criterios establecidos en el (NEC 2023). El conductor debe ser capaz de transportar la corriente de diseño sin exceder sus límites térmicos.)

(De acuerdo con el (Artículo 110.14(C) del NEC), cuando los terminales de los equipos están clasificados para (75 °C), la selección del conductor debe realizarse utilizando dicha columna de temperatura en la (Tabla 310.16).)

4.7.5.9.1 Criterio de selección.

- (Corriente de diseño del TD1) = (valor obtenido en el PASO 7).
- (Tipo de conductor) = (Cobre THHN).
- (Columna de selección) = (75 °C).

4.7.5.9.2 Conductor seleccionado. (Con base en la (Tabla 310.16 del NEC 2023), se selecciona un conductor de cobre tipo (THHN) calibre:)

(2 AWG)

(Este calibre presenta una ampacidad adecuada para la corriente de diseño del tablero TD1 y es coherente con el interruptor automático previamente seleccionado.)

4.7.5.9.3 Conductor de puesta a tierra. (El conductor de protección a tierra se selecciona conforme al (Artículo 250.122 del NEC), en función de la corriente nominal del interruptor automático del tablero TD1. Para un breaker de (125 A), se adopta un conductor de puesta a tierra calibre:)

(6 AWG)

(La selección realizada garantiza una adecuada continuidad del sistema de puesta a tierra y el cumplimiento de los criterios de seguridad eléctrica.)

4.7.5.10 Verificación de la caída de tensión del alimentador del tablero TD1

(Con el alimentador del tablero TD1 previamente dimensionado, se procede a verificar la caída de tensión del circuito, con el objetivo de comprobar que el valor obtenido se mantenga dentro del límite recomendado por el (NEC 2023).)

(Según las notas informativas de los (Artículos 210.19(A) y 215.2(A) del NEC), la caída de tensión en alimentadores no debe exceder el (3 %) del voltaje nominal del sistema, a fin de garantizar un funcionamiento adecuado de los equipos.)

4.7.5.10.1 Expresión utilizada.

$$\Delta V = \sqrt{3} I R L \quad (4.64)$$

4.7.5.10.2 Sustitución de valores.

- (Corriente del tablero TD1) = (valor nominal en A).
- (Resistencia del conductor 2 AWG Cu THHN) = (valor en Ω/km).
- (Longitud del alimentador) = (valor en km).
- (Tensión del sistema) = (240 V).

4.7.5.10.3 Resultado.

$$\Delta V = (\text{valor calculado } V) \quad (4.65)$$

$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{240} \times 100 = (\text{valor } \%) \quad (4.66)$$

(El porcentaje de caída de tensión obtenido es inferior al (3 %), por lo que el alimentador del tablero TD1 cumple con el criterio recomendado por el (NEC 2023), garantizando una adecuada calidad del suministro eléctrico.)

4.7.5.11 Cierre técnico del análisis del tablero TD1

(Con base en los resultados obtenidos, se concluye que el tablero (TD1) fue dimensionado de forma coherente con los criterios establecidos en el (NEC 2023). La demanda del tablero se determinó mediante el método de (cargas conectadas) para

una ocupación (Non-Dwelling), conforme al (NEC 220), considerando de manera integrada las cargas de (iluminación), (tomacorrientes) y (equipos de fuerza) asignadas a dicho subtablero.)

(Posteriormente, la demanda fue convertida a corriente trifásica utilizando la relación potencia–tensión, obteniéndose la corriente nominal de operación del tablero. Con fines de dimensionamiento, se aplicó el factor del (125 %) únicamente para la obtención de la (corriente de diseño), conforme a los criterios indicados en (NEC 210.20(A)) y (NEC 215.3), sin modificar el valor de la demanda total calculada.)

(En función de la corriente de diseño, se seleccionó un interruptor automático principal del tablero (TD1) con valor normalizado, asegurando que su capacidad nominal sea mayor o igual a la corriente requerida, conforme al (NEC 240.6). De igual manera, el alimentador del tablero fue seleccionado con conductores de cobre tipo (THHN), utilizando la columna de (75 °C) de la (Tabla 310.16), de acuerdo con el criterio de terminales establecido en (NEC 110.14(C)).)

(Adicionalmente, se seleccionó el conductor de puesta a tierra del alimentador en función del interruptor automático del tablero, conforme al (NEC 250.122), garantizando continuidad y seguridad del sistema de protección.)

(Finalmente, se verificó la caída de tensión del alimentador del tablero (TD1), comprobando que el valor obtenido se mantiene por debajo del (3 %), límite recomendado por las notas informativas de (NEC 210.19(A)) y (NEC 215.2(A)). En consecuencia, el tablero (TD1) cumple con los criterios de seguridad, capacidad de conducción, protección contra sobrecorriente y desempeño eléctrico recomendados por la normativa (NEC 2023).)

4.7.5.12 Cálculo de carga del tablero TD2 (NEC Art. 220)

(El tablero TD2 corresponde a un subtablero de distribución que alimenta circuitos de (iluminación), (tomacorrientes) y (equipos de fuerza) del Centro de Revisión Vehicular. Su análisis se desarrolla de manera independiente, conforme a los criterios establecidos en el (NEC 2023) para ocupaciones (Non-Dwelling).)

(De acuerdo con el (Artículo 220 del NEC), la demanda del tablero TD2 se obtiene mediante la sumatoria directa de las cargas conectadas asignadas a dicho subtablero, sin la aplicación de factores globales de simultaneidad.)

4.7.5.12.1 Cargas asignadas al tablero TD2. Según el cuadro de cargas desarrollado en (Excel), el tablero TD2 alimenta las siguientes cargas:

- (Iluminación general) = (valor según Excel).
- (Tomacorrientes) = (valor según Excel).
- (Equipos de fuerza) = (valor según Excel).

4.7.5.12.2 Procedimiento de cálculo.

$$(\text{Demanda TD2 (kVA)}) = (\text{Iluminación}_{TD2}) + (\text{Tomacorrientes}_{TD2}) + (\text{Fuerza}_{TD2}) \quad (4.67)$$

4.7.5.12.3 Resultado. (La demanda total calculada para el tablero TD2 se adopta como base para el cálculo de la corriente, la aplicación del factor del (125 %) y la posterior selección del interruptor automático y del alimentador del tablero TD2, conforme a los criterios establecidos en el (NEC 2023).)

4.7.5.13 Cálculo de la corriente del tablero TD2

(Una vez determinada la demanda eléctrica del tablero TD2, se procede al cálculo de la corriente correspondiente, conforme al enfoque de cálculo establecido en el (NEC 2023) para ocupaciones (Non-Dwelling). Este resultado permite establecer la corriente nominal de operación del subtablero y constituye la base para el dimensionamiento posterior.)

(El sistema eléctrico adoptado para el proyecto es de tipo (trifásico), con una tensión nominal línea–línea de (240 V), utilizada para el cálculo de corriente del tablero.)

4.7.5.13.1 Expresión utilizada.

$$I_{TD2} = \frac{S_{TD2}}{\sqrt{3} V_{LL}} \quad (4.68)$$

4.7.5.13.2 Sustitución de valores.

$$I_{TD2} = \frac{(\text{Demanda TD2 en VA})}{\sqrt{3} \times 240} \quad (4.69)$$

4.7.5.13.3 Resultado. (El valor obtenido corresponde a la corriente nominal del tablero TD2 y coincide con el cálculo desarrollado en el cuadro de cargas en (Excel). Este valor será utilizado en el siguiente apartado para la aplicación del factor del (125 %) con fines de dimensionamiento, conforme al (NEC 2023).)

4.7.5.14 Aplicación del factor del 125 % al tablero TD2

(Una vez determinada la corriente nominal de operación del tablero TD2, se procede a aplicar el factor del (125 %) con fines de dimensionamiento, conforme a los criterios establecidos en el (NEC 2023). Este factor no incrementa la demanda eléctrica del tablero, sino que se utiliza exclusivamente para la selección de conductores y dispositivos de protección.)

(De acuerdo con los (Artículos 210.20(A), 215.3 y 230.42 del NEC), los alimentadores y dispositivos de protección que suministran cargas de operación continua deben dimensionarse considerando un incremento del (125 %) sobre la corriente nominal.)

4.7.5.14.1 Expresión utilizada.

$$I_{\text{diseño, TD2}} = 1.25 \times I_{TD2} \quad (4.70)$$

4.7.5.14.2 Sustitución de valores.

$$I_{\text{diseño, TD2}} = 1.25 \times (\text{Corriente nominal TD2}) \quad (4.71)$$

4.7.5.14.3 Resultado. (El valor obtenido corresponde a la corriente de diseño del tablero TD2. Este valor será utilizado en los apartados siguientes para la selección del interruptor automático y del alimentador del tablero TD2, conforme a la normativa (NEC 2023).)

4.7.5.15 Selección del interruptor automático del tablero TD2

(Determinada la corriente de diseño del tablero TD2, se procede a la selección del interruptor automático principal que protege dicho subtablero. Esta selección se realiza conforme a los criterios establecidos en el (NEC 2023), asegurando que el dispositivo de protección sea adecuado para la corriente requerida.)

(De acuerdo con los (Artículos 210.20(A) y 215.3 del NEC), el interruptor automático debe tener una corriente nominal mayor o igual a la corriente de diseño calculada. Asimismo, el (Artículo 240.6) establece los valores normalizados disponibles comercialmente.)

4.7.5.15.1 Criterio de selección.

- (Corriente de diseño del tablero TD2) = (valor obtenido en el PASO 13).
- (Interruptor seleccionado) \geq (corriente de diseño).

4.7.5.15.2 Interruptor seleccionado. (Con base en los valores normalizados definidos en el (NEC 240.6), se selecciona un interruptor automático trifásico de:)

(80 A – 3P)

(Este valor cumple con el criterio normativo, proporciona un margen adecuado de operación y garantiza la correcta protección del tablero TD2 frente a sobrecorrientes, conforme a la normativa vigente.)

4.7.5.16 Selección del alimentador del tablero TD2

(Con el interruptor automático del tablero TD2 previamente seleccionado, se procede al dimensionamiento del alimentador correspondiente, conforme a los criterios establecidos en el (NEC 2023). El conductor debe ser capaz de transportar la corriente de diseño sin exceder sus límites térmicos.)

(De acuerdo con el (Artículo 110.14(C) del NEC), cuando los terminales del tablero y del interruptor están clasificados para (75 °C), la selección del conductor debe realizarse utilizando dicha columna de temperatura en la (Tabla 310.16).)

4.7.5.16.1 Criterio de selección.

- (Corriente de diseño del tablero TD2) = (valor obtenido en el PASO 13).
- (Tipo de conductor) = (Cobre THHN).
- (Columna de selección) = (75 °C).

4.7.5.16.2 Conductor seleccionado. (Con base en la (Tabla 310.16 del NEC 2023), se selecciona un conductor de cobre tipo (THHN) calibre:)

(4 AWG)

(Este calibre presenta una ampacidad adecuada para la corriente de diseño del tablero TD2 y es coherente con el interruptor automático de (80 A) previamente seleccionado.)

4.7.5.16.3 Conductor de puesta a tierra. (El conductor de protección a tierra se selecciona conforme al (Artículo 250.122 del NEC), en función de la corriente nominal del interruptor automático del tablero TD2. Para un breaker de (80 A), se adopta un conductor de puesta a tierra calibre:)

(8 AWG)

(La selección realizada garantiza continuidad eléctrica y cumplimiento de los criterios de seguridad establecidos por la normativ

4.7.5.17 Verificación de la caída de tensión del alimentador del tablero TD2

(Con el alimentador del tablero TD2 previamente dimensionado, se procede a verificar la caída de tensión del circuito, a fin de comprobar que el valor obtenido se mantenga dentro del límite recomendado por el (NEC 2023).)

(Según las notas informativas de los (Artículos 210.19(A) y 215.2(A) del NEC), la caída de tensión en alimentadores no debe exceder el (3 %) del voltaje nominal del sistema, con el objetivo de garantizar un funcionamiento adecuado de los equipos.)

4.7.5.17.1 Expresión utilizada.

$$\Delta V = \sqrt{3} I R L \quad (4.72)$$

4.7.5.17.2 Sustitución de valores.

- (Corriente del tablero TD2) = (valor nominal en A).
- (Resistencia del conductor 4 AWG Cu THHN) = (valor en Ω/km).
- (Longitud del alimentador) = (valor en km).
- (Tensión del sistema) = (240 V).

4.7.5.17.3 Resultado.

$$\Delta V = (\text{valor calculado } V) \quad (4.73)$$

$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{240} \times 100 = (\text{valor } \%) \quad (4.74)$$

(El porcentaje de caída de tensión obtenido es inferior al (3 %), por lo que el alimentador del tablero TD2 cumple con el criterio recomendado por el (NEC 2023), garantizando una adecuada calidad del suministro eléctrico.)

4.7.5.18 Cierre técnico del análisis del tablero TD2

(El análisis del tablero (TD2) se desarrolló conforme a los criterios establecidos en el (NEC 2023) para ocupaciones (Non-Dwelling). La demanda del subtablero se determinó mediante la sumatoria de las cargas conectadas de (iluminación), (tomacorrientes) y (equipos de fuerza), conforme al enfoque definido en el (NEC 220).)

(La demanda calculada fue convertida a corriente trifásica utilizando la relación potencia-tensión del sistema, obteniéndose la corriente nominal de operación del tablero. Posteriormente, se aplicó el factor del (125 %) únicamente con fines de dimensionamiento, conforme a los criterios establecidos en (NEC 210.20(A)) y (NEC 215.3), sin modificar el valor de la demanda eléctrica.)

(En función de la corriente de diseño obtenida, se seleccionó un interruptor automático principal del tablero (TD2) con valor normalizado, garantizando que su corriente nominal sea mayor o igual a la requerida, conforme al (NEC 240.6). Asimismo, el alimentador del tablero fue seleccionado con conductores de cobre tipo (THHN), utilizando la columna de (75 °C) de la (Tabla 310.16), de acuerdo con lo indicado en (NEC 110.14(C)).)

(El conductor de puesta a tierra fue seleccionado en función del interruptor automático del tablero, conforme al (NEC 250.122), asegurando una adecuada continuidad del sistema de protección. Finalmente, la verificación de la caída de tensión del alimentador mostró un valor inferior al (3 %), cumpliendo con la recomendación indicada en las notas informativas de (NEC 210.19(A)) y (NEC 215.2(A)).)

(En consecuencia, el tablero (TD2) cumple con los criterios de seguridad, capacidad de conducción, protección contra sobrecorriente y desempeño eléctrico establecidos por la normativa (NEC 2023).)

4.7.6 Cierre general del capítulo de aplicación de la normativa NEC 2023

(El presente capítulo desarrolló la aplicación de la normativa (NFPA 70 – National Electrical Code, NEC 2023) en una edificación de uso comercial correspondiente a un (Centro de Revisión Vehicular), clasificada como una ocupación (Non-Dwelling). El análisis se estructuró de manera ordenada, abordando de forma independiente

los subtableros de distribución (TD1) y (TD2), conforme a los criterios técnicos establecidos en la normativa estadounidense.)

(Para cada tablero se realizó el cálculo de la demanda eléctrica mediante la sumatoria de cargas conectadas de (iluminación), (tomacorrientes) y (equipos de fuerza), de acuerdo con lo establecido en el (NEC 220). Posteriormente, la demanda fue convertida a corriente trifásica, aplicándose el factor del (125 %) únicamente con fines de dimensionamiento, conforme a los (Artículos 210.20(A) y 215.3 del NEC).)

(En función de la corriente de diseño obtenida, se seleccionaron los interruptores automáticos con valores normalizados, de acuerdo con el (NEC 240.6), y se dimensionaron los alimentadores utilizando conductores de cobre tipo (THHN), considerando la columna de (75 °C) de la (Tabla 310.16), conforme a lo indicado en el (NEC 110.14(C)). Asimismo, los conductores de puesta a tierra fueron definidos en función de la corriente nominal de los dispositivos de protección, conforme al (NEC 250.122).)

(Finalmente, se verificó la caída de tensión de los alimentadores de ambos tableros, comprobándose que los valores obtenidos se mantienen por debajo del (3 %), en cumplimiento de la recomendación establecida en las notas informativas de los (Artículos 210.19(A) y 215.2(A) del NEC).)

(En consecuencia, el diseño eléctrico comercial desarrollado bajo la normativa (NEC 2023) cumple con los criterios de seguridad, capacidad de conducción, protección contra sobrecorrientes y desempeño eléctrico exigidos para este tipo de ocupaciones. Los cuadros de carga y cálculos detallados que respaldan los resultados presentados se incluyen en los anexos correspondientes. Este análisis servirá como base para el posterior desarrollo y comparación con el diseño elaborado bajo la normativa ecuatoriana.)

DEMANDA ELÉCTRICA DEL TABLERO TD1		
Concepto	Demanda (kVA)	Observación NEC
Iluminación TD1	6,78	NEC 220.42
Tomacorrientes TD1	4,32	NEC 220.14
Fuerza TD1	23,25	NEC 220.50
TOTAL DEMANDA TD1	34,35	Suma de cargas TD1

Figura 4.8: Demanda eléctrica del tablero TD1 conforme a la NEC 2023.

CÁLCULO DE CORRIENTE DEL TD2		
Concepto	Demanda (kVA)	Observación NEC
Iluminación TD2	4,52	NEC 220.42
Tomacorrientes TD2	2,88	NEC 220.14
Fuerza TD2	15,5	NEC 220.50
TOTAL DEMANDA TD2	22,9	Suma de cargas TD2

Figura 4.9: Demanda eléctrica del tablero TD2 conforme a la NEC 2023.

TABLA RESUMEN – TABLEROS					
Tablero	Demanda (kVA)	Corriente (A)	Breaker	Caída (%)	Cumple
TD1	34.35	82.63	125A	0.28 %	Sí
TD2	22.90	55.0	80 A	0.97 %	Sí

Figura 4.10: Resumen de demanda, corriente, protección y caída de tensión de los tableros TD1 y TD2.

4.8 APLICACIÓN DE LA NFPA 70 (NEC 2023) EN EL DISEÑO ELÉCTRICO DE UNA ELECTROLINERA NIVEL 2

4.9 Introducción

El crecimiento sostenido de la movilidad eléctrica a nivel mundial ha impulsado la necesidad de desarrollar infraestructuras de recarga que permitan una operación segura, eficiente y confiable de los vehículos eléctricos. En este contexto, las electrolineras se han convertido en un componente fundamental dentro de los sistemas eléctricos modernos, debido a que concentran cargas de elevada potencia y operación prolongada, lo cual exige un diseño eléctrico riguroso y estrictamente alineado con la normativa técnica vigente.

Desde el punto de vista de la ingeniería eléctrica, el diseño de una electrolinera no se limita únicamente a la conexión de los equipos de carga, sino que involucra el análisis integral del sistema eléctrico, incluyendo el cálculo de la carga eléctrica, la selección de conductores, dispositivos de protección contra sobrecorriente, paneles de distribución, alimentadores, canalizaciones y el sistema de puesta a tierra. Cada uno de estos elementos debe ser dimensionado considerando las características particulares de los equipos de suministro de energía para vehículos eléctricos y su impacto sobre la red de alimentación.

La normativa NFPA 70, conocida como National Electrical Code, en su edición 2023, establece los criterios técnicos obligatorios para el diseño e instalación de sistemas de carga de vehículos eléctricos en instalaciones comerciales dentro de los Estados Unidos. Esta normativa clasifica los equipos EVSE como cargas continuas y define requisitos específicos en cuanto a circuitos derivados dedicados, dimensionamiento de conductores, dispositivos de protección y criterios de seguridad eléctrica (NEC 2023).

En el presente capítulo se desarrolla la aplicación de la normativa NEC 2023 en el diseño eléctrico de una electrolinera de Nivel 2, considerando una instalación de uso comercial. El análisis abarca desde la definición de los parámetros eléctricos base del sistema hasta el dimensionamiento del panel de distribución, los circuitos derivados y el alimentador principal, evidenciando un proceso de diseño estructurado, técnicamente sustentado y coherente con las exigencias actuales de la infraestructura de carga para vehículos eléctricos.

4.10 Descripción general de la electrolinera

La electrolinera objeto de estudio corresponde a una instalación de carga para vehículos eléctricos de uso comercial, diseñada para operar bajo condiciones de demanda continua y operación simultánea de múltiples puntos de carga. El sistema está concebido para abastecer energía eléctrica mediante equipos de suministro de energía para vehículos eléctricos (EVSE) de Nivel 2, los cuales operan en corriente alterna y representan una solución ampliamente utilizada en entornos comerciales debido a su adecuado balance entre potencia de carga, seguridad operativa y compatibilidad con las redes eléctricas existentes.

El proyecto contempla la instalación de seis (6) cargadores EVSE de Nivel 2, distribuidos en un área destinada al estacionamiento vehicular. Cada cargador funciona de manera independiente, permitiendo la carga simultánea de varios vehículos eléctricos, condición que ha sido considerada como escenario de máxima demanda para el diseño eléctrico del sistema.

Desde el punto de vista del suministro eléctrico, la electrolinera se alimenta desde un sistema eléctrico comercial trifásico con configuración 208Y/120 V y frecuencia de 60 Hz, configuración típica en edificaciones comerciales en los Estados Unidos. Los cargadores EVSE se conectan a una tensión de 208 V línea a línea, mientras que el conductor neutro se mantiene disponible para posibles cargas auxiliares, sin formar parte del circuito de potencia de los equipos de carga.

El sistema eléctrico de la electrolinera dispone de un panel de distribución exclusivo, denominado Panel EV, desde el cual se derivan los circuitos individuales que alimentan a cada cargador. Este panel ha sido dimensionado específicamente para la carga total del sistema, garantizando una adecuada distribución de la energía, selectividad de protecciones y facilidad de operación y mantenimiento.

Cada cargador EVSE es alimentado mediante un circuito derivado dedicado, conforme a los requerimientos establecidos en la normativa (NEC 625.40), lo cual permite una operación segura y evita la interacción eléctrica entre diferentes puntos de carga. Asimismo, los circuitos han sido distribuidos de manera equilibrada entre las fases del sistema trifásico, con el fin de minimizar el desbalance de corrientes y optimizar el desempeño del sistema eléctrico.

El diseño de la electrolinera considera además la integración de un sistema de puesta a tierra común, conectado al sistema general de la edificación, asegurando la equipotencialidad de todas las partes metálicas y el correcto funcionamiento de los dispositivos de protección. De igual manera, se ha previsto la verificación de la caída de

tensión tanto en el alimentador principal como en los circuitos derivados, con el objetivo de garantizar una adecuada calidad de energía en los puntos de conexión de los cargadores.

4.11 Alcance del diseño eléctrico

El alcance del presente diseño eléctrico comprende el dimensionamiento completo del sistema de alimentación de la electrolinera de Nivel 2, considerando exclusivamente los equipos EVSE y su infraestructura eléctrica asociada. El diseño incluye la determinación de los parámetros eléctricos base del sistema, la clasificación de la carga EVSE conforme a la normativa vigente, el cálculo de la carga eléctrica total de la electrolinera, el diseño de los circuitos derivados dedicados, la selección y dimensionamiento del panel de distribución EV y el dimensionamiento del alimentador principal.

Asimismo, se consideran la selección de conductores, dispositivos de protección contra sobrecorriente y el sistema de puesta a tierra, así como la verificación de los criterios normativos y de seguridad eléctrica establecidos por el Código Eléctrico Nacional. No se incluyen en este capítulo aspectos relacionados con costos de instalación, análisis económico o ejecución de obra, los cuales se abordan en secciones posteriores del documento.

4.12 Marco normativo aplicable

El diseño eléctrico de la electrolinera se fundamenta en los criterios técnicos establecidos por la normativa NFPA 70 – National Electrical Code, edición 2023, la cual regula las instalaciones eléctricas comerciales y los sistemas de carga de vehículos eléctricos en los Estados Unidos.

Para el desarrollo del presente diseño se consideran tanto los artículos generales del NEC aplicables a instalaciones comerciales como los artículos específicos relacionados con los sistemas de transferencia de energía para vehículos eléctricos. Entre los artículos generales utilizados se incluyen aquellos relacionados con circuitos derivados, alimentadores, cálculo de carga, protección contra sobrecorriente, puesta a tierra, selección de conductores y canalizaciones (NEC 210; NEC 215; NEC 220; NEC 240; NEC 250; NEC 310; NEC Capítulo 9).

De manera específica, el Artículo 625 del NEC establece los requisitos aplicables a los sistemas EVSE, incluyendo la clasificación de los equipos de carga como cargas

continuas, la obligatoriedad de circuitos derivados dedicados y los criterios de protección eléctrica y seguridad aplicables a este tipo de instalaciones (NEC 625.40; NEC 625.41; NEC 625.42).

La aplicación integrada de los artículos generales del NEC y del Artículo 625 permite desarrollar un diseño eléctrico coherente, seguro y conforme a los requisitos técnicos exigidos por la normativa vigente.

4.13 Características técnicas de los equipos EVSE

Los equipos de suministro de energía para vehículos eléctricos seleccionados para la electrolinera corresponden a cargadores EVSE de Nivel 2 en corriente alterna. Estos equipos operan dentro de un rango de tensión de 208 a 240 V y utilizan conectores estandarizados para garantizar la compatibilidad con una amplia gama de vehículos eléctricos disponibles en el mercado.

Cada cargador EVSE presenta una corriente nominal de operación de 30 A y una potencia nominal aproximada de 6.24 kW cuando opera a una tensión de 208 V línea a línea. Los equipos incorporan sistemas internos de control y protección, tales como dispositivos de detección de falla a tierra, los cuales permiten supervisar el proceso de carga y actuar ante condiciones anormales. No obstante, conforme a la normativa (NEC 2023), estas protecciones internas no sustituyen los dispositivos de protección del sistema eléctrico de alimentación, los cuales deben ser dimensionados e instalados de acuerdo con los criterios establecidos por el Código Eléctrico Nacional.

La selección de esta configuración de operación responde a un criterio de diseño orientado a optimizar el tiempo de carga sin generar una demanda excesiva sobre el sistema eléctrico, manteniendo coherencia con las prácticas de diseño establecidas en instalaciones comerciales bajo normativa NEC.

Campo	Valor	Unidad	Fuente / Nota
Tipo de equipo	EVSE Nivel 2 (AC)	—	Ficha técnica del cargador
Rango de voltaje AC	208/240	V	Operación típica comercial
Conector	SAE J1772	—	Estándar USA
Cantidad de puertos por equipo	1	—	En tu diseño: 6 puertos = 6 equipos o 6 circuitos
Longitud de cable	18	ft	Aprox. 5.5 m
Tipo de instalación	Exterior / Parking lot	—	Según plano y datasheet
Cumplimiento	UL 2594 (si aplica)	—	Según datasheet
Protección interna	CCID / GF detection	—	No reemplaza el cálculo NEC

Figura 4.11: Descripción y selección del equipo EVSE

4.13.1 Clasificación de la carga EVSE como carga continua

De acuerdo con el Código Eléctrico Nacional, las cargas asociadas a los equipos de suministro de energía para vehículos eléctricos deben ser consideradas como cargas continuas. Esta clasificación se fundamenta en el hecho de que los procesos de carga de vehículos eléctricos pueden extenderse por períodos prolongados, superando las tres horas de operación continua, condición que cumple con la definición de carga continua establecida por la normativa (NEC 100).

En particular, el Artículo 625 del Código Eléctrico Nacional establece que los equipos EVSE deben ser tratados como cargas continuas para efectos de diseño eléctrico, lo cual implica que los conductores, dispositivos de protección contra sobrecorriente y equipos de alimentación deben ser dimensionados considerando un factor de sobredimensionamiento del 125 % respecto a la corriente nominal del equipo (NEC 625.41).

Adicionalmente, la normativa indica que los circuitos derivados que alimentan equipos EVSE deben contar con capacidad suficiente para operar de manera continua sin superar los límites térmicos permisibles de los conductores ni de los dispositivos de

protección, garantizando así la seguridad del sistema eléctrico y la integridad de los equipos conectados (NEC 210.19(A)(1); NEC 210.20(A)).

La correcta clasificación de la carga EVSE como carga continua constituye un criterio fundamental dentro del diseño de la electrolinera, ya que condiciona el cálculo de la corriente de diseño, la selección del calibre de los conductores, la capacidad nominal de los interruptores termomagnéticos y el dimensionamiento del panel de distribución y del alimentador principal del sistema eléctrico.

4.13.2 Cálculo de la carga eléctrica de la electrolinera

Una vez establecida la clasificación de los equipos EVSE como cargas continuas, se procede al cálculo de la carga eléctrica total de la electrolinera. Este cálculo se realiza considerando el número de cargadores instalados, la corriente nominal de cada equipo y la aplicación del factor de sobredimensionamiento exigido por la normativa vigente.

Para el presente diseño se consideran seis (6) cargadores EVSE de Nivel 2, cada uno con una corriente nominal de operación de 30 A, conforme a las características técnicas del equipo seleccionado. La corriente nominal total del sistema se obtiene mediante la suma directa de las corrientes nominales individuales, resultando:

$$I_{\text{nominal,total}} = 6 \times 30 \text{ A} = 180 \text{ A}$$

Dado que los equipos EVSE son clasificados como cargas continuas, la normativa establece que la corriente de diseño debe calcularse aplicando un factor del 125 % sobre la corriente nominal máxima (NEC 625.41). En consecuencia, la corriente de diseño por cargador es:

$$I_{\text{diseño,cargador}} = 30 \text{ A} \times 1.25 = 37.5 \text{ A}$$

Al considerar la operación simultánea de los seis cargadores, la corriente de diseño total de la electrolinera se determina como:

$$I_{\text{diseño,total}} = 6 \times 37.5 \text{ A} = 225 \text{ A}$$

Este valor de corriente de diseño total constituye la base para el dimensionamiento del panel de distribución EV, del interruptor general y del alimentador principal que abastece a la electrolinera.

Adicionalmente, la potencia eléctrica instalada del sistema se calcula considerando el voltaje de operación de los cargadores EVSE, el cual corresponde a 208 V línea a línea. La potencia unitaria por cargador se determina como:

$$P_{\text{cargador}} = 208 \text{ V} \times 30 \text{ A} = 6.24 \text{ kW}$$

Por lo tanto, la potencia total instalada de la electrolinera es:

$$P_{\text{total}} = 6 \times 6.24 \text{ kW} = 37.44 \text{ kW}$$

Como verificación adicional de diseño, se calcula una potencia equivalente considerando la corriente de diseño total:

$$P_{\text{equivalente}} = 208 \text{ V} \times 225 \text{ A} = 46.8 \text{ kW}$$

Este valor corresponde a una potencia utilizada exclusivamente para fines de dimensionamiento eléctrico, ya que incorpora el factor de sobredimensionamiento asociado a la condición de carga continua, y no representa la potencia real de operación simultánea de la electrolinera.

4.13.3 Diseño de los circuitos derivados para los cargadores EVSE

Una vez determinada la carga eléctrica total de la electrolinera, se procede al diseño de los circuitos derivados que alimentan a cada uno de los cargadores EVSE. El diseño de estos circuitos constituye un aspecto crítico del sistema eléctrico, ya que garantiza la operación segura, continua y confiable de los equipos de carga.

De acuerdo con la normativa vigente, cada equipo de suministro de energía para vehículos eléctricos debe ser alimentado mediante un circuito derivado dedicado, sin compartir conductores ni dispositivos de protección con otros equipos o cargas del sistema eléctrico (NEC 625.40). Este requerimiento permite aislar eléctricamente cada punto de carga, facilitando la protección, el mantenimiento y la detección de fallas individuales.

Cada cargador EVSE considerado en el proyecto presenta una corriente nominal de operación de 30 A y opera a una tensión de 208 V línea a línea. Dado que los equipos EVSE se clasifican como cargas continuas, el dimensionamiento del circuito derivado debe realizarse aplicando un factor de sobredimensionamiento del 125 %,

conforme a lo establecido en la normativa (NEC 625.41; NEC 210.19(A)(1); NEC 210.20(A)).

La corriente de diseño del circuito derivado se determina multiplicando la corriente nominal del cargador por el factor de carga continua, obteniéndose una corriente de diseño de 37.5 A por cada cargador EVSE. Con base en este valor, se procede a la selección del dispositivo de protección contra sobrecorriente.

Dado que los interruptores termomagnéticos se fabrican en valores normalizados y no existe un interruptor comercial de 37.5 A, se selecciona el siguiente valor normalizado superior, correspondiente a un interruptor de 40 A, conforme a lo indicado en la tabla de valores normalizados de interruptores (NEC 240.6(A)).

Considerando que los cargadores EVSE operan a un voltaje de 208 V línea a línea, cada circuito derivado debe ser protegido mediante un interruptor bipolar (2P), el cual permite la desconexión simultánea de ambos conductores activos del circuito. Esta configuración cumple con los requisitos de seguridad establecidos para circuitos de alimentación de equipos EVSE en sistemas trifásicos comerciales.

En cuanto a la selección de los conductores del circuito derivado, el calibre debe ser tal que su ampacidad sea igual o superior a la corriente de diseño del circuito, considerando las condiciones de instalación, el tipo de aislamiento y la temperatura ambiente, conforme a los criterios establecidos en la normativa (NEC 310). La selección definitiva del calibre de los conductores se verifica en secciones posteriores mediante el análisis de ampacidad y factores de corrección aplicables.

Finalmente, se establece que cada circuito derivado debe contar con su respectivo conductor de puesta a tierra de equipos, dimensionado de acuerdo con la capacidad del dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito, garantizando así la continuidad del sistema de puesta a tierra y el correcto funcionamiento de las protecciones eléctricas (NEC 250).

4.13.4 Selección del panel de distribución EV

Una vez definidos los circuitos derivados individuales que alimentan a cada cargador EVSE, se procede a la selección del panel de distribución destinado exclusivamente para la electrolinera, denominado Panel EV. Este panel constituye el punto central de distribución de energía hacia los equipos de carga y debe ser dimensionado considerando la carga total del sistema, los criterios de seguridad eléctrica y los requerimientos establecidos por la normativa vigente.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el cálculo de la carga eléctrica de la electrolinera, la corriente de diseño total del sistema corresponde a 225 A. En consecuencia, el panel de distribución EV debe contar con una capacidad nominal igual o superior a este valor, garantizando una operación segura bajo condiciones de carga continua y evitando el sobrecalentamiento de los conductores y dispositivos internos del panel.

La normativa establece que los paneles de distribución deben ser seleccionados considerando la corriente nominal del alimentador, la cantidad de circuitos derivados requeridos y la posibilidad de futuras ampliaciones del sistema (NEC 408). En el presente diseño, el panel EV se selecciona con una capacidad nominal de 225 A, lo cual permite alimentar adecuadamente los seis circuitos derivados destinados a los cargadores EVSE, manteniendo un margen de seguridad acorde con las prácticas de diseño recomendadas.

El panel de distribución EV incorpora un interruptor principal general, el cual permite la desconexión total del sistema de carga en caso de mantenimiento o emergencia. Este interruptor principal debe tener una capacidad nominal coherente con la corriente de diseño del sistema y cumplir con los requisitos de protección contra sobrecorriente establecidos por la normativa (NEC 240; NEC 408.36).

Asimismo, el panel EV dispone de interruptores termomagnéticos bipolares de 40 A para cada uno de los circuitos derivados que alimentan a los cargadores EVSE. Estos interruptores han sido seleccionados considerando la corriente de diseño de cada circuito, el tratamiento de la carga como carga continua y los valores normalizados establecidos por el Código Eléctrico Nacional (NEC 240.6(A); NEC 625.40; NEC 625.41).

Desde el punto de vista de la distribución de fases, los circuitos derivados han sido asignados de manera equilibrada entre las fases del sistema trifásico, con el objetivo de minimizar el desbalance de corrientes y optimizar el desempeño del sistema eléctrico. Este criterio contribuye a una operación más eficiente del alimentador y reduce posibles problemas asociados a desequilibrios de carga en el sistema.

Adicionalmente, el panel de distribución EV debe contar con un sistema de barras adecuado para la corriente nominal del sistema, así como con un bus de puesta a tierra y un bus de neutro correctamente dimensionados y aislados, conforme a los requerimientos establecidos para paneles de distribución en instalaciones comerciales (NEC 408; NEC 250).

La correcta selección del panel EV permite garantizar una operación segura, ordenada y confiable de la electrolinera, constituyendo un elemento fundamental dentro

del diseño eléctrico global del sistema de carga para vehículos eléctricos.

4.13.4.1 Dimensionamiento de los circuitos derivados EVSE

Cada cargador EVSE Nivel 2 debe alimentarse mediante un circuito derivado individual dedicado, conforme a la normativa aplicable (NEC 625.40). Para el dimensionamiento de cada circuito derivado se parte de los parámetros eléctricos nominales del equipo EVSE.

La corriente nominal de cada cargador es:

$$I_{EVSE} = 30 \text{ A} \quad (4.75)$$

De acuerdo con el NEC, las cargas de vehículos eléctricos se consideran cargas continuas, por lo que el circuito derivado debe dimensionarse al 125% de la corriente nominal (NEC 625.41 y NEC 625.42). La corriente de diseño del circuito se calcula como:

$$I_{diseo} = 1.25 \times 30 = 37.5 \text{ A} \quad (4.76)$$

Debido a que el valor de 37.5 A no corresponde a un calibre comercial normalizado de interruptor, se selecciona el siguiente tamaño estándar inmediato superior, conforme a NEC 240.6(A):

$$I_{breaker} = 40 \text{ A} \quad (4.77)$$

Cada circuito derivado se configura como circuito bipolar (2P), ya que los cargadores EVSE operan a tensión línea-línea de 208 V.

4.13.4.2 Potencia eléctrica por cargador EVSE

La potencia eléctrica nominal de cada cargador EVSE se calcula utilizando la tensión de operación línea-línea del sistema y la corriente nominal del equipo:

$$P_{EVSE} = V_{L-L} \times I_{EVSE} \quad (4.78)$$

Sustituyendo los valores correspondientes:

$$P_{EVSE} = 208 \times 30 = 6240 \text{ W} \quad (4.79)$$

$$P_{EVSE} = 6.24 \text{ kW} \quad (4.80)$$

4.13.4.3 Dimensionamiento de la demanda total de la electrolinera

La electrolinera considerada dispone de un total de seis puntos de carga EVSE Nivel 2, cada uno alimentado por un circuito derivado dedicado.

La corriente nominal total del sistema se obtiene como la suma directa de las corrientes nominales de cada cargador:

$$I_{total} = 6 \times 30 = 180 \text{ A} \quad (4.81)$$

Al tratarse de cargas continuas, se aplica nuevamente el factor del 125% para obtener la corriente de diseño total del sistema:

$$I_{diseño\ total} = 6 \times 37.5 = 225 \text{ A} \quad (4.82)$$

Este valor constituye la corriente base para el dimensionamiento del panel de distribución EV, del interruptor principal y del alimentador.

4.13.4.4 Potencia total instalada y potencia de diseño

La potencia total instalada de la electrolinera se calcula multiplicando la potencia nominal de cada cargador por el número total de cargadores:

$$P_{instalada} = 6 \times 6.24 = 37.44 \text{ kW} \quad (4.83)$$

Como verificación adicional de diseño, se calcula la potencia equivalente considerando la corriente de diseño total:

$$P_{diseño} = V_{L-L} \times I_{diseño\ total} \quad (4.84)$$

$$P_{diseño} = 208 \times 225 = 46800 \text{ W} \quad (4.85)$$

$$P_{disco} = 46.8 \text{ kW} \quad (4.86)$$

Este valor corresponde a una potencia de dimensionamiento y no a una potencia real simultánea, ya que incorpora el factor de sobredimensionamiento requerido para cargas continuas.

4.13.4.5 Selección del panel de distribución EV

Con base en la corriente de diseño total obtenida, se selecciona un panel de distribución dedicado para la electrolinera con una capacidad nominal mínima igual a la corriente de diseño:

$$I_{panel} \geq 225 \text{ A} \quad (4.87)$$

En consecuencia, se selecciona un panel trifásico 208Y/120 V, de cuatro hilos, con capacidad nominal de 225 A, el cual permite alimentar los seis circuitos derivados EVSE mediante interruptores bipolares de 40 A.

El panel incorpora un interruptor principal general de 225 A, coherente con la corriente de diseño total del sistema y conforme a los requisitos de protección contra sobrecorriente establecidos por la normativa (NEC 240 y NEC 408).

4.13.4.6 Cálculo de la caída de tensión del alimentador principal

El cálculo de la caída de tensión del alimentador principal se realiza como una verificación de diseño, conforme a las recomendaciones del NEC NFPA 70 (2023), el cual sugiere un límite máximo del 5% para alimentadores.

4.13.4.6.1 Datos de diseño

- Tensión del sistema: $V_{L-L} = 208 \text{ V}$
- Corriente de diseño del alimentador: $I = 225 \text{ A}$
- Longitud del alimentador: $L = 150 \text{ ft}$
- Material del conductor: Cobre
- Calibre del conductor: 4/0 AWG
- Factor de potencia: $\cos \varphi = 0.9$

La longitud del conductor se expresa en miles de pies:

$$L = \frac{150}{1000} = 0.15 \text{ kft} \quad (4.88)$$

4.13.4.6.2 Parámetros eléctricos del conductor De acuerdo con valores típicos para conductores de cobre 4/0 AWG a 75°C:

– Resistencia: $R = 0.049 \Omega/\text{kft}$

– Reactancia: $X = 0.021 \Omega/\text{kft}$

4.13.4.6.3 Impedancia equivalente

$$Z_{eq} = R \cos \varphi + X \sin \varphi \quad (4.89)$$

$$Z_{eq} = (0.049)(0.9) + (0.021)(\sqrt{1 - 0.9^2}) \quad (4.90)$$

$$Z_{eq} = 0.05325 \Omega/\text{kft} \quad (4.91)$$

4.13.4.6.4 Cálculo de la caída de tensión Para un sistema trifásico, la caída de tensión se calcula como:

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot Z_{eq} \quad (4.92)$$

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot 225 \cdot 0.15 \cdot 0.05325 \quad (4.93)$$

$$\Delta V = 3.11 \text{ V} \quad (4.94)$$

4.13.4.6.5 Caída de tensión porcentual

$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{V_{L-L}} \times 100 \quad (4.95)$$

$$\% \Delta V = \frac{3.11}{208} \times 100 = 1.50\% \quad (4.96)$$

4.13.4.6.6 Verificación La caída de tensión obtenida es inferior al límite recomendado del 5% para alimentadores, por lo que el diseño cumple con los criterios establecidos.

4.13.4.7 Cálculo de la caída de tensión en circuitos derivados EVSE

El cálculo de la caída de tensión en los circuitos derivados EVSE se realiza considerando un circuito representativo, conforme a las recomendaciones del NEC, que establece un límite del 3% para circuitos derivados.

4.13.4.7.1 Datos del circuito EVSE

- Tensión del circuito: $V_{L-L} = 208$ V
- Corriente nominal del EVSE: $I_{EVSE} = 30$ A
- Corriente de diseño: $I = 37.5$ A
- Longitud del circuito: $L = 80$ ft
- Calibre del conductor: 8 AWG cobre
- Factor de potencia: $\cos \varphi = 0.9$

Conversión de longitud:

$$L = \frac{80}{1000} = 0.08 \text{ kft} \quad (4.97)$$

4.13.4.7.2 Parámetros eléctricos del conductor Para conductor de cobre 8 AWG a 75°C:

- Resistencia: $R = 0.628 \Omega/\text{kft}$
- Reactancia: $X = 0.083 \Omega/\text{kft}$

4.13.4.7.3 Impedancia equivalente

$$Z_{eq} = (0.628)(0.9) + (0.083)(\sqrt{1 - 0.9^2}) \quad (4.98)$$

$$Z_{eq} = 0.60138 \Omega/\text{kft} \quad (4.99)$$

4.13.4.7.4 Caída de tensión Al tratarse de un circuito monofásico línea-línea:

$$\Delta V = 2 \cdot I \cdot L \cdot Z_{eq} \quad (4.100)$$

$$\Delta V = 2 \cdot 37.5 \cdot 0.08 \cdot 0.60138 \quad (4.101)$$

$$\Delta V = 3.61 \text{ V} \quad (4.102)$$

4.13.4.7.5 Caída de tensión porcentual

$$\% \Delta V = \frac{3.61}{208} \times 100 = 1.73\% \quad (4.103)$$

4.13.4.7.6 Verificación La caída de tensión calculada es inferior al límite recomendado del 3% para circuitos derivados, por lo que el diseño cumple con los criterios de calidad de tensión.

4.13.4.8 Dimensionamiento del alimentador principal del Panel EV

Con base en la consolidación de cargas de la electrolinera, se obtuvo una corriente de diseño total de:

$$I_{\text{diseño}} = 225 \text{ A}$$

Este valor proviene de seis cargadores EVSE, cada uno con corriente nominal de 30 A y tratamiento como carga continua con factor 1.25:

$$I_{\text{diseño por EVSE}} = 30 \times 1.25 = 37.5 \text{ A}$$

$$I_{\text{diseño total}} = 6 \times 37.5 = 225 \text{ A}$$

4.13.4.8.1 Selección del conductor del alimentador Se selecciona conductor de cobre con aislamiento THHN/THWN-2. La ampacidad se toma de la Tabla 310.16 del NEC en la columna de 75 °C, *debido a las limitaciones típicas de determinación. El conductor propuesto es* : 4/0 AWG Cu \Rightarrow $I_{\text{ampacidad base}} = 230 \text{ A}$ a temperatura ambiente de 30 °C, *el factor de corrección en porte* $F_{\text{temp}} = 1.00$ El ajuste por agrupamiento se considera:

$$F_{\text{agrup}} = 1.00$$

Por tanto, la ampacidad corregida es:

$$I_{\text{ampacidad corregida}} = 230 \times 1.00 \times 1.00 = 230 \text{ A}$$

Criterio de cumplimiento:

$$I_{\text{ampacidad corregida}} \geq I_{\text{diseño}}$$
$$230 \geq 225 \quad \Rightarrow \quad \text{Cumple}$$

4.13.4.8.2 Conductor de puesta a tierra del equipo El conductor de puesta a tierra del equipo se dimensiona con la Tabla 250.122 del NEC, en función del interruptor principal del Panel EV. Para un dispositivo de protección de 225 A, se adopta el siguiente valor normalizado superior de la tabla, obteniéndose:

$$\text{EGC} = 4 \text{ AWG Cu}$$

4.13.4.9 Canalización del alimentador y verificación de llenado

Para la canalización del alimentador se propone tubería EMT. Se consideran cinco conductores dentro de la canalización:

$$A, B, C, N, \text{EGC}$$

con los siguientes datos de área aproximada tomados de la Tabla 5 del Capítulo 9 del NEC:

$$A_{4/0} = 0.3237 \text{ in}^2$$

$$A_{\text{EGC } 4 \text{ AWG}} = 0.0824 \text{ in}^2$$

Área total ocupada:

$$A_{\text{total}} = 4 \times 0.3237 + 1 \times 0.0824$$

$$A_{\text{total}} = 1.2948 + 0.0824 = 1.3772 \text{ in}^2 \approx 1.38 \text{ in}^2$$

El criterio de llenado aplicable es 40% para más de dos conductores, según la Tabla 1 del Capítulo 9 del NEC. Se evalúan tamaños EMT y su área permitida al 40%:

$$\text{EMT } 2" \Rightarrow A_{40\%} = 1.342 \text{ in}^2 \quad \Rightarrow \quad \text{No cumple}$$

$$\text{EMT } 2\text{-}1/2'' \Rightarrow A_{40\%} = 2.343 \text{ in}^2 \Rightarrow \text{Cumple}$$

Por tanto, la canalización mínima seleccionada es:

$$\text{EMT } 2\text{-}1/2''$$

4.13.4.10 Verificación de caída de tensión

La caída de tensión se verifica como criterio de diseño. Se emplea factor de potencia:

$$\cos \varphi = 0.90$$

y para el conductor 4/0 AWG cobre a 75 °C *seadoptan* : $R = 0.049 \Omega/1000 \text{ ft}$ $X = 0.021 \Omega/1000 \text{ ft}$ Longitud del alimentador:

$$L = 150 \text{ ft} = 0.15 \text{ kft}$$

Para sistema trifásico, la caída de tensión es:

$$\Delta V = \sqrt{3} I L (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

donde:

$$I = 225 \text{ A} \quad \sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} = \sqrt{1 - 0.9^2}$$

$$\sin \varphi = 0.4359$$

Término combinado:

$$R \cos \varphi + X \sin \varphi = 0.049(0.9) + 0.021(0.4359)$$

$$R \cos \varphi + X \sin \varphi = 0.0441 + 0.009153 = 0.0532536$$

Entonces:

$$\Delta V = \sqrt{3} (225)(0.15)(0.0532536) = 3.113 \text{ V}$$

Caída de tensión porcentual para 208 V línea a línea:

$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{208} \times 100 = \frac{3.113}{208} \times 100 = 1.50\%$$

Resultado:

$$1.50\% \leq 5\% \Rightarrow \text{Cumple}$$

4.13.4.11 Equipo EVSE seleccionado

En la Figura 4.12 se presenta el equipo EVSE seleccionado para el diseño, indicando su modo de operación adoptado y sus parámetros eléctricos principales, utilizados en los cálculos de circuitos derivados y dimensionamiento del sistema.

Electrical Output	Single Port (AC Voltage 208 / 240 V AC)	Dual Port (AC Voltage 208 / 240 V AC)
Standard	7.2 kW (240V AC @ 30 A)	7.2 kW (240V AC @ 30 A) x 2
Standard Power Share	n/a	7.2 kW (240 V AC @ 30 A) x 1 or 3.8 kW (240 V AC @ 16 A) x 2
Power Select 24 A	5.8 kW (240 V AC @ 24 A)	5.8 kW (240 V AC @ 24 A) x 2
Power Select 24 A Power Share	n/a	5.8 kW (240 V AC @ 24 A) x 1 or 2.9 kW (240 V AC @ 12 A) x 2
Power Select 16A	3.8 kW (240 V AC @ 16A)	3.8 kW (240 V AC @ 16 A) x 2
Power Select 24 A Power Share	n/a	3.8 kW (240 V AC @ 16 A) x 1 or 1.9 kW (240 V AC @ 8 A) x 2

Figura 4.12: Equipo EVSE seleccionado y parámetros de operación tomados de la ficha técnica del fabricante.

ChargePoint® CT4000 Level 2 Commercial Charging Station

Specifications and Ordering Information



CT4021

Figura 4.13: Cargador EVSE Nivel 2 comercial seleccionado para la electrolinera (ChargePoint CT4000).

General Specifications

Electrical Input	Single Port (AC Voltage 208/240 V AC)			Dual Port (AC Voltage 208/240 V AC)		
	Input Current	Input Power Connection	Required Service Panel Breaker	Input Current	Input Power Connection	Required Service Panel Breaker
Standard	30 A	One 40 A branch circuit	40A dual pole (non-GFCI type)	30 A x 2	Two independent 40A branch circuits	40 A dual pole (non-GFCI type) x 2
Standard Power Share	n/a	n/a	n/a	32 A	One 40 A branch circuit	40 A dual pole (non-GFCI type)
Power Select 24 A	24 A	One 30 A branch circuit	30 A dual pole (non-GFCI type)	24 A x 2	Two independent 30A branch circuits	30 A dual pole (non-GFCI type) x 2
Power Select 24 A Power Share	n/a	n/a	n/a	24A	One 30 A branch circuit	30 A dual pole (non-GFCI type)
Power Select 16 A	16 A	One 20 A branch circuit	20 A dual pole (non-GFCI type)	16 A x 2	Two independent 20 A branch circuits	20 A dual pole (non-GFCI type)
Power Select 16 A Power Share	n/a	n/a	n/a	16 A	One 20 A branch circuit	20 A dual pole (non-GFCI type)
Service Panel GFCI	Do not provide external GFCI as it may conflict with internal GFCI (CCID)					
Wiring – Standard	3-wire (L1, L2, Earth)			5-wire (L1, L1, L2, L2, Earth)		
Wiring – Power Share	n/a			3-wire (L1, L2, Earth)		
Station Power	8 W typical (standby), 15 W maximum (operation)					

Figura 4.14: Especificaciones eléctricas del cargador EVSE Nivel 2 (corriente nominal, conexión y protección requerida).

4.13.4.12 Verificación de caída de tensión en un circuito derivado EVSE

Además del alimentador principal, se verifica la caída de tensión en un circuito derivado típico que alimenta un cargador EVSE. Esta verificación se utiliza como criterio de diseño para asegurar que el punto de carga reciba un voltaje adecuado durante operación.

4.13.4.12.1 Datos del circuito EVSE representativo Se adopta un circuito EVSE con conexión línea a línea a 208 V, correspondiente a un cargador EVSE Nivel 2. La corriente nominal del equipo es 30 A y se considera carga continua, por lo que la corriente de diseño del circuito es:

$$I_{\text{diseño}} = 30 \times 1.25 = 37.5 \text{ A}$$

La longitud del circuito desde el panel EV hasta el cargador se estima en:

$$L = 80 \text{ ft} = 0.08 \text{ kft}$$

El conductor seleccionado para este circuito es cobre calibre 8 AWG. Para el cálculo se utilizan parámetros eléctricos típicos del conductor a 75 °C : $R = 0.628 \Omega/1000 \text{ ft}$ $X =$

0.083 Ω /1000 ft Se adopta factor de potencia:

$$\cos \varphi = 0.90 \quad \sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} = 0.4359$$

4.13.4.12.2 Impedancia equivalente del conductor Se calcula el término combinado:

$$R \cos \varphi + X \sin \varphi = 0.628(0.90) + 0.083(0.4359)$$

$$R \cos \varphi + X \sin \varphi = 0.5652 + 0.03618 = 0.60138 \Omega/\text{kft}$$

4.13.4.12.3 Cálculo de caída de tensión Para un circuito monofásico línea a línea, la caída de tensión se calcula como:

$$\Delta V = 2 I L (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

Sustituyendo:

$$\Delta V = 2(37.5)(0.08)(0.60138) = 3.608 \text{ V}$$

La caída porcentual respecto a 208 V es:

$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{208} \times 100 = \frac{3.608}{208} \times 100 = 1.735\%$$

4.13.4.12.4 Resultado Como criterio de diseño para circuitos derivados se recomienda un máximo de 3%, por lo que:

$$1.735\% \leq 3\% \Rightarrow \text{Cumple}$$

4.13.4.13 Ubicación del EVSE y referencia de longitud del circuito

En la Figura ?? se presenta la referencia de ubicación del EVSE y el trazado empleado para estimar la longitud del circuito derivado desde el panel EV hasta el punto de carga.

4.13.4.14 Resumen del dimensionamiento eléctrico de la electrolinera

Con base en los cálculos desarrollados en las secciones anteriores, se consolidan los resultados del diseño eléctrico de la electrolinera, verificando el cumplimiento de los criterios técnicos y normativos aplicables.

El sistema de carga está conformado por seis cargadores EVSE Nivel 2, cada uno con una corriente nominal de 30 A y operación a 208 V línea a línea. Al tratarse de cargas continuas, se aplicó el factor del 125%, obteniéndose una corriente de diseño por cargador de 37.5 A. Cada EVSE se alimenta mediante un circuito derivado individual, protegido con interruptor bipolar de 40 A.

La corriente nominal total del sistema es de:

$$I_{\text{nominal total}} = 6 \times 30 = 180 \text{ A}$$

mientras que la corriente de diseño total asciende a:

$$I_{\text{diseño total}} = 6 \times 37.5 = 225 \text{ A}$$

La potencia eléctrica nominal por cargador es:

$$P_{\text{EVSE}} = 208 \times 30 = 6.24 \text{ kW}$$

y la potencia total instalada de la electrolinera corresponde a:

$$P_{\text{instalada}} = 6 \times 6.24 = 37.44 \text{ kW}$$

Como criterio de verificación de diseño, se calculó la potencia equivalente asociada a la corriente de diseño total:

$$P_{\text{diseño}} = 208 \times 225 = 46.8 \text{ kW}$$

El panel de distribución EV seleccionado es trifásico 208Y/120 V, de cuatro hilos, con capacidad nominal de 225 A y un interruptor principal del mismo valor. La distribución de los circuitos derivados se realiza de forma balanceada entre fases (AB, BC y CA), con

dos circuitos por cada par de fases.

El alimentador principal del panel EV se dimensionó con conductores de cobre calibre 4/0 AWG con aislamiento THHN/THWN-2, un conductor neutro del mismo calibre y un conductor de puesta a tierra de equipos calibre 4 AWG. La canalización seleccionada corresponde a tubería EMT de $2\frac{1}{2}$ pulgadas, cumpliendo con el criterio de llenado del 40%.

Finalmente, se verificó la caída de tensión tanto del alimentador principal como de los circuitos derivados EVSE. La caída de tensión del alimentador fue del 1.50%, mientras que la caída de tensión del circuito derivado representativo fue del 1.73%, valores inferiores a los límites recomendados por la normativa, confirmando la adecuada calidad de tensión del sistema.

4.13.4.15 Vinculación con el diagrama unifilar y notas normativas

Los resultados obtenidos del dimensionamiento eléctrico de la electrolinera se reflejan directamente en el diagrama unifilar del sistema, en el cual se representan el panel de distribución EV, los circuitos derivados individuales para cada cargador, el alimentador principal y los dispositivos de protección correspondientes.

Asimismo, las notas normativas incluidas en el diagrama unifilar recogen los criterios de diseño aplicados, tales como el tratamiento de los cargadores EVSE como cargas continuas, la aplicación del factor del 125%, el uso de circuitos derivados dedicados y la selección de conductores y dispositivos de protección conforme al NEC NFPA 70 (2023).

De esta manera, el diagrama unifilar constituye la representación gráfica final del diseño eléctrico desarrollado y resume los criterios técnicos y normativos empleados en el dimensionamiento de la electrolinera.

ELECTROLINERA NIVEL 2 (NEC) — ESTRUCTURA RECOMENDADA			
Parámetro	Valor	Unidad	Nota (NEC / diseño)
Sistema del sitio	208Y/120	—	Comercial típico USA (3Φ, 4 hilos)
Fases	3	Φ	Panel EV trifásico
Hilos	4	W	3Φ + N
Frecuencia	60	Hz	USA
Voltaje L-L (para EVSE)	208	V	Los cargadores Level 2 se conectan L-L en sistema 208Y/120
Voltaje L-N	120	V	Para cargas auxiliares si aplica
Número de cargadores (puertos)	6	—	6 puertos = 6 circuitos dedicados (NEC 625.40)
Corriente nominal por cargador	30	A	Dato del EVSE (Nivel 2)
Factor carga continua NEC	1,25	—	NEC 625.41 y 625.42; 210.19(A)(1) y 210.20(A)
Potencia por cargador (kW)	6,24	kW	Potencia usando 208 V L-L
Potencia total instalada (kW)	37,44	kW	Nº cargadores × potencia por cargador

Figura 4.15: Estructura general de diseño eléctrico de la electrolinera Nivel 2 según NEC.

En la Figura 4,16 se presentan los parámetros eléctricos de diseño considerados para la electrolinera Nivel 2, los cuales constituyen la base del dimensionamiento del sistema de carga para vehículos eléctricos. En dicha figura se resume la configuración del sistema eléctrico del sitio, correspondiente a un suministro comercial típico de 208Y/120 V, trifásico, cuatro hilos y 60 Hz, así como el número de cargadores EVSE instalados y su corriente nominal de operación.

Los valores mostrados reflejan los criterios adoptados en los cálculos desarrollados, donde cada cargador EVSE Nivel 2 opera a una corriente nominal de 30 A y se conecta entre fases (L–L) a 208 V, conforme a las características del sistema 208Y/120 V. Asimismo, se evidencia la aplicación del tratamiento de los cargadores como carga continua, incorporando el factor de sobredimensionamiento del 125 % exigido por el Código Eléctrico Nacional.

A partir de estos parámetros se determinó la potencia unitaria por cargador y la potencia total instalada de la electrolinera, valores que fueron utilizados posteriormente para el dimensionamiento de los circuitos derivados, la selección de los dispositivos de protección, el cálculo del alimentador principal y la definición del panel de distribución EV, conforme a los requerimientos del NEC NFPA 70 (2023).

CAPÍTULO 5

APLICACIÓN DE LA NORMATIVA ECUATORIANA EN EL DISEÑO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

5.1 Introducción

El diseño de instalaciones eléctricas interiores de uso residencial en el Ecuador se rige por disposiciones técnicas obligatorias que establecen requisitos mínimos de seguridad y funcionamiento para sistemas eléctricos en bajo voltaje, con el objetivo de prevenir riesgos asociados al uso de la energía eléctrica y garantizar condiciones adecuadas de seguridad para las personas y los bienes (NEC-SB Instalaciones Eléctricas).

El marco normativo principal para las instalaciones eléctricas residenciales se encuentra definido en la Norma Ecuatoriana de la Construcción, dentro del eje de Servicios Básicos, mediante el documento que regula las instalaciones eléctricas interiores (NEC-SB Instalaciones Eléctricas). En el apartado correspondiente al campo de aplicación, se establece que esta normativa es aplicable a instalaciones eléctricas interiores en sistemas de bajo voltaje destinadas a edificaciones de uso habitacional, tanto en construcciones nuevas como en ampliaciones o modificaciones de instalaciones existentes, indicando además que la instalación debe contemplar protecciones indispensables contra choques eléctricos, efectos térmicos, sobrecorrientes, corrientes de falla y sobrevoltajes (NEC-SB Instalaciones Eléctricas, numeral 2).

En relación con los criterios generales de diseño, se establece que las instalaciones eléctricas residenciales deben concebirse de manera que se garantice la salvaguardia de las personas y de los bienes frente a los riesgos derivados del uso de la electricidad, así como condiciones adecuadas de calidad y continuidad del servicio (NEC-SB Instalaciones Eléctricas, numeral 3). Asimismo, se indica que el diseño eléctrico debe desarrollarse en

coordinación con los planos arquitectónicos y las características físicas de la vivienda, asegurando la compatibilidad entre los diferentes sistemas que conforman el proyecto (NEC-SB Instalaciones Eléctricas, numeral 3.1). En este mismo apartado se aclara que la normativa establece requisitos mínimos obligatorios y no debe interpretarse como un manual de diseño (NEC-SB Instalaciones Eléctricas, numeral 3.1).

El análisis de la demanda eléctrica residencial se encuentra regulado mediante parámetros normativos que permiten estructurar la identificación y clasificación de cargas dentro de la vivienda. En este sentido, se definen criterios de referencia para cargas de iluminación, tomacorrientes y cargas especiales, indicando que estas últimas corresponden a equipos cuya potencia instalada supera los mil quinientos vatios y que, para su consideración en el diseño, debe utilizarse la potencia nominal del equipo y la cantidad de unidades previstas (NEC-SB Instalaciones Eléctricas, numeral 3.2).

De manera complementaria, los niveles de voltaje considerados en el diseño eléctrico residencial deben ajustarse a los valores normalizados establecidos para sistemas eléctricos de corriente alterna, los cuales se definen como valores de referencia para el suministro y la utilización de la energía eléctrica, asegurando la compatibilidad del sistema interior con la red de distribución y el correcto funcionamiento de los equipos eléctricos (NTE INEN 3098).

En cuanto a los conductores eléctricos, los requisitos técnicos aplicables a alambres y cables con aislamiento termoplástico utilizados en instalaciones de bajo voltaje se encuentran definidos en la normativa específica que regula sus características constructivas y condiciones de uso, estableciendo criterios mínimos que deben cumplirse para garantizar su desempeño y seguridad durante la operación (NTE INEN 2345).

En función de lo expuesto, el presente capítulo desarrolla la aplicación de la normativa ecuatoriana vigente al diseño eléctrico de una instalación residencial, describiendo de manera estructurada los criterios normativos utilizados para delimitar el alcance del sistema eléctrico interior, definir el nivel de suministro, identificar y clasificar las cargas, establecer la metodología descriptiva de cálculo, organizar la distribución de los circuitos, seleccionar los dispositivos de protección y definir el sistema de puesta a tierra, conforme a lo establecido en la normativa aplicable (NEC-SB Instalaciones Eléctricas, NTE INEN 3098, NTE INEN 2345).

5.2 Alcance del diseño residencial bajo normativa ecuatoriana

El alcance del diseño eléctrico residencial bajo normativa ecuatoriana se encuentra definido en el documento que regula las instalaciones eléctricas interiores dentro de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SB Instalaciones Eléctricas). En el apartado correspondiente al campo de aplicación se establece que la normativa es aplicable a instalaciones eléctricas interiores destinadas a edificaciones de uso residencial que operen en sistemas eléctricos en bajo voltaje, tanto en construcciones nuevas como en ampliaciones o modificaciones de instalaciones existentes (NEC-SB Instalaciones Eléctricas, numeral 2).

De acuerdo con lo establecido en la normativa, el diseño eléctrico residencial comprende todos los elementos que conforman la instalación eléctrica interior de la vivienda, desde el punto de suministro hasta los circuitos finales de utilización. Este alcance incluye la selección y disposición de conductores eléctricos, la distribución de circuitos derivados, la incorporación de dispositivos de protección, la implementación del sistema de puesta a tierra y la elaboración de planos eléctricos que representen de manera clara la instalación propuesta (NEC-SB Instalaciones Eléctricas, numeral 3).

Asimismo, se establece que el diseño eléctrico debe desarrollarse en función de las características físicas y funcionales de la edificación, considerando la coordinación con los planos arquitectónicos y las condiciones particulares de uso de la vivienda. En este sentido, la normativa indica que el diseño eléctrico forma parte integral del proyecto constructivo y debe garantizar compatibilidad entre los distintos sistemas que lo conforman, evitando interferencias y condiciones de riesgo durante la operación normal de la instalación (NEC-SB Instalaciones Eléctricas, numeral 3.1).

El alcance del diseño residencial bajo normativa ecuatoriana se limita a la definición de criterios mínimos obligatorios que permitan asegurar condiciones adecuadas de seguridad y funcionamiento del sistema eléctrico interior. En este contexto, la normativa establece que no constituye un manual de diseño detallado, sino un conjunto de requisitos técnicos que deben ser cumplidos y verificados durante la ejecución del proyecto eléctrico residencial (NEC-SB Instalaciones Eléctricas, numeral 3.1).

En función de lo anterior, el alcance del diseño eléctrico residencial se orienta a la aplicación sistemática de los requisitos normativos vigentes, sirviendo como base técnica para el desarrollo de la identificación de cargas, la metodología de cálculo, la organización de circuitos, la selección de protecciones y el diseño del sistema de puesta a tierra, los

cuales se desarrollan en los apartados siguientes del presente capítulo.

5.3 Clasificación del suministro y nivel de tensión

La instalación eléctrica del proyecto comercial se clasifica como una instalación interior en bajo voltaje, alimentada mediante un transformador de distribución que suministra energía eléctrica al tablero de distribución principal.

De acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción – Instalaciones Eléctricas (NEC-SB Instalaciones Eléctricas, 2011), las instalaciones eléctricas interiores en bajo voltaje corresponden a aquellas cuyo nivel de tensión es adecuado para la alimentación de cargas comerciales, sin intervención directa sobre la red de distribución pública.

El sistema eléctrico opera en un esquema trifásico en bajo voltaje, permitiendo una distribución equilibrada de las cargas y una adecuada capacidad de suministro para los equipos eléctricos del establecimiento comercial.

El alcance del diseño no incluye el análisis ni dimensionamiento de redes de media tensión, limitándose exclusivamente a las instalaciones eléctricas interiores, conforme a la normativa ecuatoriana vigente.

5.4 Marco normativo ecuatoriano aplicable

El diseño de instalaciones eléctricas interiores residenciales en sistemas de bajo voltaje en el Ecuador se rige por normas técnicas específicas que establecen requisitos mínimos obligatorios de seguridad y funcionamiento. Estas normas definen el marco normativo sobre el cual se estructura el diseño eléctrico residencial desarrollado en el presente estudio.

La normativa principal aplicable a las instalaciones eléctricas residenciales es la Norma Ecuatoriana de la Construcción, dentro del eje de Servicios Básicos, mediante el documento que regula las instalaciones eléctricas interiores (NEC-SB Instalaciones Eléctricas). Este documento establece el campo de aplicación de la normativa para instalaciones eléctricas interiores destinadas a edificaciones de uso habitacional que operan en sistemas eléctricos en bajo voltaje, tanto en construcciones nuevas como en ampliaciones

o modificaciones de instalaciones existentes (NEC-SB Instalaciones Eléctricas, numeral 2). Asimismo, en este documento se definen los principios generales de seguridad que deben cumplirse en el diseño eléctrico residencial, así como los criterios mínimos para la organización del sistema eléctrico interior (NEC-SB Instalaciones Eléctricas, numeral 3).

En relación con los niveles de voltaje aplicables a las instalaciones eléctricas residenciales, la normativa técnica correspondiente establece los valores de voltaje normalizados que deben considerarse para el suministro y la utilización de la energía eléctrica. Estos valores se encuentran definidos en la norma que regula los voltajes normalizados para sistemas eléctricos de corriente alterna, la cual sirve como referencia técnica para el diseño de instalaciones eléctricas en bajo voltaje y para la selección de equipos eléctricos compatibles con la red de distribución (NTE INEN 3098).

Por otra parte, los requisitos técnicos aplicables a los conductores eléctricos utilizados en instalaciones residenciales se encuentran definidos en la norma que regula las características de alambres y cables con aislamiento termoplástico para bajo voltaje. Esta norma establece criterios relacionados con las condiciones constructivas, materiales, aislamiento y desempeño de los conductores eléctricos, proporcionando el respaldo normativo para la selección de los conductores empleados en el diseño eléctrico residencial (NTE INEN 2345).

De esta manera, el marco normativo ecuatoriano aplicable al diseño eléctrico residencial en el presente estudio se encuentra conformado por el documento que regula las instalaciones eléctricas interiores en edificaciones residenciales (NEC-SB Instalaciones Eléctricas), la norma que define los voltajes normalizados para sistemas eléctricos en bajo voltaje (NTE INEN 3098) y la norma que establece los requisitos técnicos para los conductores eléctricos utilizados en este tipo de instalaciones (NTE INEN 2345). La aplicación conjunta de estas normas permite establecer criterios técnicos claros para el diseño del sistema eléctrico interior, los cuales se desarrollan en los apartados siguientes del presente capítulo.

5.5 Clasificación del suministro y nivel de voltaje

El suministro eléctrico de una vivienda residencial se realiza a partir de la red de distribución secundaria de la empresa distribuidora de energía eléctrica, la cual opera en sistemas

de bajo voltaje. En el caso del presente estudio, la edificación se alimenta mediante una acometida eléctrica proveniente de la red secundaria de distribución, luego del proceso de transformación de media a bajo voltaje realizado en el transformador de distribución de la empresa suministradora (NEC-SB Instalaciones Eléctricas).

La acometida eléctrica constituye el enlace entre la red de distribución y la instalación eléctrica interior de la vivienda. Esta acometida llega al equipo de medición de energía eléctrica, donde se registra el consumo del usuario. A partir del medidor principal, la energía eléctrica es conducida hacia el interruptor general de protección, el cual permite la desconexión total de la instalación y protege al sistema eléctrico interior frente a condiciones de sobrecorriente (NEC-SB Instalaciones Eléctricas, numeral 3).

El interruptor general constituye el punto de partida para la distribución de la energía eléctrica dentro de la vivienda y alimenta directamente el tablero principal de distribución. Desde dicho tablero se derivan los circuitos eléctricos que abastecen las distintas áreas de la edificación, así como, de ser necesario, tableros secundarios destinados a sectores específicos de la vivienda. La selección de la capacidad nominal del interruptor general se encuentra asociada a la demanda eléctrica de la vivienda y se define en función del estudio de cargas, el cual se desarrolla en apartados posteriores del presente capítulo.

El nivel de voltaje considerado para el diseño eléctrico residencial corresponde a los valores normalizados para sistemas eléctricos de corriente alterna en bajo voltaje, los cuales se utilizan para la alimentación de equipos de iluminación, tomacorrientes y cargas específicas de uso doméstico. Estos niveles de voltaje se encuentran definidos en la normativa técnica correspondiente a voltajes normalizados, la cual establece los valores de referencia para el suministro y la utilización de la energía eléctrica en instalaciones eléctricas interiores (NTE INEN 3098).

En consecuencia, el diseño eléctrico residencial se desarrolla considerando un suministro en bajo voltaje desde la red secundaria de distribución, con una acometida que alimenta al medidor principal, un interruptor general de protección y un tablero principal de distribución, desde el cual se organiza la distribución interna de los circuitos eléctricos de la vivienda, conforme a los criterios establecidos en la normativa ecuatoriana vigente.

5.6 Criterios de seguridad eléctrica en bajo voltaje

El diseño de instalaciones eléctricas residenciales en sistemas de bajo voltaje debe cumplir criterios de seguridad orientados a proteger a las personas y a los bienes frente a los riesgos derivados del uso de la energía eléctrica. Estos criterios se encuentran establecidos en la normativa ecuatoriana aplicable a instalaciones eléctricas interiores y constituyen un requisito obligatorio en el desarrollo del diseño eléctrico residencial (NEC-SB Instalaciones Eléctricas).

Entre los principales criterios de seguridad definidos por la normativa se encuentra la protección contra choques eléctricos, la cual debe garantizarse mediante la adecuada selección de conductores, el uso de dispositivos de protección y la correcta implementación del sistema de puesta a tierra. La normativa establece que la instalación eléctrica debe diseñarse de manera que se limite la posibilidad de contacto directo o indirecto con partes energizadas durante la operación normal y ante la ocurrencia de fallas eléctricas (NEC-SB Instalaciones Eléctricas, numeral 3).

Otro criterio fundamental corresponde a la protección contra efectos térmicos peligrosos producidos por corrientes excesivas. En este sentido, la normativa indica que los conductores y dispositivos eléctricos deben seleccionarse de forma que se evite el sobrecalentamiento que pueda provocar daños a la instalación o generar riesgo de incendio. Para ello, se deben considerar las condiciones de instalación, la capacidad de conducción de corriente y la correcta coordinación con los dispositivos de protección contra sobrecorriente (NEC-SB Instalaciones Eléctricas, numeral 3).

La protección contra sobrecorrientes, originadas por sobrecargas o cortocircuitos, constituye otro criterio esencial de seguridad en instalaciones residenciales. La normativa establece que cada circuito debe contar con dispositivos de protección adecuados que permitan la desconexión automática del suministro eléctrico cuando se presenten condiciones anormales de corriente, limitando los efectos dañinos sobre los conductores y los equipos eléctricos conectados al sistema (NEC-SB Instalaciones Eléctricas, numeral 3).

Adicionalmente, la normativa establece la necesidad de proteger la instalación frente a corrientes de falla a tierra, las cuales pueden generar tensiones peligrosas en las partes metálicas accesibles de la instalación. Para ello, se exige la implementación de un sistema de puesta a tierra que permita la circulación segura de las corrientes de falla y facilite la actuación de los dispositivos de protección, reduciendo el riesgo para los usuarios de la

vivienda (NEC-SB Instalaciones Eléctricas, numeral 3).

En conjunto, los criterios de seguridad eléctrica en bajo voltaje establecidos por la normativa ecuatoriana constituyen la base para el diseño del sistema eléctrico residencial, asegurando que la instalación opere bajo condiciones seguras tanto en régimen normal como ante la ocurrencia de fallas. Estos criterios se aplican de manera transversal a todas las etapas del diseño eléctrico y sirven como referencia para la identificación de cargas, la distribución de circuitos, la selección de protecciones y el diseño del sistema de puesta a tierra, los cuales se desarrollan en los apartados siguientes del presente capítulo.

5.7 Identificación y clasificación de cargas

La identificación y clasificación de cargas constituye una etapa fundamental en el diseño eléctrico residencial, ya que permite organizar de manera adecuada los circuitos eléctricos y establecer criterios técnicos para la distribución de la energía dentro de la vivienda. De acuerdo con la normativa ecuatoriana aplicable a instalaciones eléctricas interiores, las cargas deben identificarse considerando su función, nivel de potencia y forma de conexión, con el fin de garantizar un funcionamiento seguro y eficiente del sistema eléctrico residencial (NEC-SB Instalaciones Eléctricas).

En el presente diseño, las cargas eléctricas se han identificado a partir del uso real de la vivienda y se han clasificado en cargas de iluminación, cargas de tomacorrientes de uso general y cargas especiales de fuerza, las cuales presentan características particulares en cuanto a potencia, tensión de alimentación y requerimientos de protección.

5.7.1 Cargas de iluminación

Las cargas de iluminación corresponden a los sistemas destinados a proporcionar iluminación artificial en los distintos espacios de la vivienda. Estas cargas se encuentran constituidas principalmente por luminarias de tecnología LED, las cuales se caracterizan por su bajo consumo energético y alta eficiencia luminosa.

Las luminarias han sido distribuidas en varios circuitos independientes, considerando la ubicación física de los espacios y la necesidad de garantizar continuidad del servicio

en caso de falla de un circuito. La separación de los circuitos de iluminación permite reducir la potencia instalada por circuito y facilita la operación y el mantenimiento de la instalación eléctrica interior, conforme a los criterios establecidos para instalaciones residenciales (NEC-SB Instalaciones Eléctricas).

5.7.2 Cargas de tomacorrientes de uso general

Las cargas de tomacorrientes de uso general corresponden a los puntos destinados a la conexión de equipos eléctricos portátiles de uso doméstico, tales como electrodomésticos menores, equipos electrónicos y herramientas de baja potencia. Estas cargas se han clasificado como tomacorrientes normales y han sido distribuidas en varios circuitos derivados, de manera que se limite la cantidad de tomas por circuito y se eviten sobrecargas.

La distribución de los tomacorrientes se ha realizado considerando las áreas funcionales de la vivienda, tales como salas, dormitorios, pasillos y áreas de servicio, garantizando una adecuada cobertura y accesibilidad. Esta clasificación responde a los criterios normativos que establecen la necesidad de organizar los circuitos de tomacorrientes en función del uso previsto y la seguridad de los usuarios (NEC-SB Instalaciones Eléctricas).

5.7.3 Cargas especiales de fuerza

Las cargas especiales de fuerza corresponden a equipos eléctricos de mayor potencia que requieren circuitos dedicados debido a sus características de operación. En el diseño eléctrico residencial desarrollado se han identificado cargas especiales tales como lavadora, secadora, cocina eléctrica, horno eléctrico, bomba de agua y ducha eléctrica.

Estas cargas se caracterizan por presentar potencias elevadas en comparación con los tomacorrientes de uso general, por lo que se han asignado circuitos exclusivos para cada equipo o grupo de equipos, garantizando una correcta coordinación con los dispositivos de protección. Asimismo, algunas de estas cargas operan a tensión de línea, lo cual ha sido considerado en la configuración de los circuitos y en la selección de los conductores eléctricos correspondientes (NEC-SB Instalaciones Eléctricas).

5.7.4 Criterios de clasificación de las cargas

La clasificación de las cargas se ha realizado considerando los siguientes criterios principales: tipo de uso, nivel de potencia instalada, tensión de alimentación y necesidad de circuito dedicado. Este enfoque permite estructurar el sistema eléctrico residencial de forma ordenada y coherente, facilitando el cálculo posterior de la demanda eléctrica y la selección de los dispositivos de protección.

En función de esta identificación y clasificación de cargas, se establece la base técnica para el desarrollo de la metodología de cálculo de cargas y la distribución de los circuitos eléctricos residenciales, aspectos que se abordan en los apartados siguientes del presente capítulo.

5.8 Metodología de cálculo de cargas

La metodología de cálculo de cargas aplicada en el presente diseño eléctrico residencial tiene como objetivo determinar la demanda eléctrica real del sistema, a partir de las cargas previamente identificadas y clasificadas. Este procedimiento permite establecer criterios técnicos para el dimensionamiento de los tableros de distribución, conductores y dispositivos de protección, garantizando el cumplimiento de la normativa ecuatoriana aplicable a instalaciones eléctricas interiores (NEC-SB Instalaciones Eléctricas).

El cálculo se desarrolló de manera independiente para cada tablero de distribución, considerando su ubicación, tipo de cargas alimentadas y condiciones de operación. En el presente estudio se analizaron el tablero de distribución TD1, ubicado en el área de pasillo, y el tablero de distribución TD2, ubicado en el área de máquinas del sótano.

5.8.1 Determinación de la potencia instalada

La potencia instalada se determinó a partir del inventario de cargas correspondiente a cada circuito eléctrico, considerando la potencia nominal de las luminarias, tomacorrientes y cargas especiales de fuerza. La potencia total instalada de cada tablero se obtuvo mediante la suma de las potencias individuales de los circuitos que lo conforman, de acuerdo con los cuadros de carga elaborados para el proyecto.

Este procedimiento permitió establecer la potencia instalada total de cada tablero de distribución, constituyendo el punto de partida para el cálculo de la demanda eléctrica del sistema residencial.

5.8.2 Aplicación de factores de demanda y simultaneidad

Con el fin de representar de manera realista el comportamiento de las cargas eléctricas en condiciones normales de operación, se aplicaron factores de demanda y simultaneidad sobre la potencia instalada. Estos factores permiten considerar que no todas las cargas operan de manera simultánea ni a su potencia nominal máxima en todo momento.

La aplicación de estos factores se realizó conforme a criterios normativos y de diseño residencial, permitiendo obtener una potencia demandada representativa para cada tablero de distribución, la cual sirve de base para el dimensionamiento de la instalación eléctrica.

5.8.3 Cálculo de la potencia aparente

A partir de la potencia demandada y considerando el factor de potencia del sistema, se determinó la potencia aparente de cada tablero de distribución. Este valor resulta fundamental para el cálculo de las corrientes eléctricas y la selección de conductores y dispositivos de protección.

La potencia aparente se obtuvo considerando el régimen de operación en bajo voltaje del sistema eléctrico residencial, de acuerdo con los niveles de tensión establecidos para la instalación.

5.8.4 Cálculo de la corriente de diseño

Finalmente, se calculó la corriente de diseño para cada tablero de distribución a partir de la potencia aparente obtenida y el voltaje de alimentación correspondiente. Este valor de corriente representa la condición de carga máxima esperada en operación normal y

constituye el parámetro principal para la verificación de la capacidad de los conductores y la correcta selección de los dispositivos de protección.

Los resultados obtenidos en esta etapa permiten desarrollar, en los apartados siguientes, el cálculo individual de los tableros de distribución TD1 y TD2, así como la determinación de la demanda total del sistema eléctrico residencial.

5.9 Cálculo del tablero de distribución TD1

El tablero de distribución TD1 se encuentra ubicado en el área de pasillo de la vivienda y cumple la función de alimentar los circuitos de iluminación, tomacorrientes de uso general y determinadas cargas especiales de fuerza que forman parte del sistema eléctrico residencial. Debido a la diversidad de cargas conectadas, el análisis eléctrico de este tablero se realizó de manera independiente, permitiendo evaluar con mayor precisión su comportamiento eléctrico y establecer criterios adecuados para el dimensionamiento de conductores, dispositivos de protección y alimentadores asociados.

El cálculo del tablero TD1 se desarrolló a partir de los cuadros de carga elaborados, los cuales reflejan la potencia instalada, la demanda estimada y la distribución de las cargas por circuito, de acuerdo con el uso real de la vivienda.

5.9.1 Potencia instalada del tablero TD1

La potencia instalada del tablero TD1 se obtuvo mediante la suma de las potencias nominales de todos los circuitos que lo conforman, incluyendo circuitos de iluminación, circuitos de tomacorrientes de uso general y cargas especiales de fuerza. Esta potencia representa la condición máxima teórica en la que todas las cargas conectadas al tablero operarían de manera simultánea bajo valores nominales.

A partir del cuadro de cargas correspondiente al tablero TD1, se determinó una potencia instalada total de:

$$P_{\text{inst,TD1}} = 12.55 \text{ kW}$$

Este valor constituye el punto de partida para la estimación de la demanda eléctrica real del tablero.

5.9.2 Determinación de la demanda del tablero TD1

En instalaciones eléctricas residenciales, no todas las cargas operan simultáneamente ni a plena potencia. Por esta razón, para obtener una estimación más realista de la potencia efectivamente demandada, se aplicó un factor de coincidencia de 0.8 sobre la potencia instalada del tablero TD1.

La demanda activa del tablero se calculó como:

$$P_{\text{dem,TD1}} = 12.55 \times 0.8 = 10.68 \text{ kW}$$

Este valor representa la potencia activa que, de forma razonable, se espera que el tablero TD1 demande durante condiciones normales de operación de la vivienda.

5.9.3 Potencia aparente demandada del tablero TD1

Para el dimensionamiento eléctrico del tablero y de sus elementos asociados, es necesario trabajar en términos de potencia aparente. Para ello, se consideró un factor de potencia de 0.94, correspondiente a las características de las cargas conectadas y al criterio adoptado en el diseño del sistema eléctrico residencial.

La potencia aparente demandada del tablero TD1 se determinó mediante la expresión:

$$S_{\text{TD1}} = \frac{10.68}{0.94} = 11.36 \text{ kVA}$$

Adicionalmente, el cálculo detallado circuito a circuito reflejado en el cuadro de cargas arroja una potencia aparente total de 11.61 kVA. Este valor, al ser ligeramente superior, se adopta para el dimensionamiento del tablero TD1 por representar una condición más conservadora desde el punto de vista del diseño eléctrico.

5.9.4 Cálculo de la corriente de diseño del tablero TD1

La corriente de diseño del tablero TD1 se calculó a partir de la potencia aparente adoptada y el nivel de tensión del sistema eléctrico en bajo voltaje. Considerando una tensión de línea de 220 V, la corriente de línea del tablero TD1 se determinó como:

$$I_{TD1} = \frac{11.61 \times 10^3}{220} = 52.78 \text{ A}$$

Esta corriente representa el valor máximo esperado en condiciones normales de operación y se emplea como parámetro base para la selección del interruptor principal del tablero, los conductores de alimentación y la verificación térmica del sistema.

5.9.5 Verificación de la caída de tensión

La verificación de la caída de tensión del alimentador del tablero TD1 se realizó considerando una longitud aproximada de 10 m y la configuración de conductores seleccionada en el diseño. A partir de estos parámetros, se obtuvo una caída de tensión del 0.42 %, valor que se encuentra ampliamente por debajo de los límites recomendados para instalaciones eléctricas residenciales en bajo voltaje.

Por lo tanto, la caída de tensión del alimentador del tablero TD1 se considera aceptable y no compromete el correcto funcionamiento de los equipos conectados.

5.9.6 Conclusión técnica del tablero TD1

Del análisis realizado se concluye que el tablero de distribución TD1 presenta una demanda activa de 10.68 kW, una potencia aparente de diseño de 11.61 kVA y una corriente de línea de 52.78 A. Estos resultados permiten establecer de manera adecuada el dimensionamiento del interruptor principal, la selección de los conductores y la verificación de la caída de tensión, garantizando una operación segura, eficiente y conforme a la normativa ecuatoriana aplicable a instalaciones eléctricas residenciales en bajo voltaje.

5.10 Cálculo del tablero de distribución TD2

El tablero de distribución TD2 se encuentra ubicado en el área de máquinas del sótano de la vivienda y tiene como función principal alimentar circuitos de iluminación y cargas especiales de fuerza asociadas a equipos de mayor potencia. Debido a la naturaleza de las cargas conectadas, este tablero se analizó de forma independiente, permitiendo evaluar de manera específica su demanda eléctrica y establecer criterios adecuados para el dimensionamiento de conductores, protecciones y alimentadores.

El cálculo eléctrico del tablero TD2 se desarrolló a partir del cuadro de cargas correspondiente, el cual considera la potencia instalada, la demanda estimada y la distribución de las cargas por circuito, de acuerdo con el uso previsto de los equipos en el área de máquinas.

5.10.1 Potencia instalada del tablero TD2

La potencia instalada del tablero TD2 se determinó mediante la suma de las potencias nominales de los circuitos que lo conforman, incluyendo circuitos de iluminación y cargas de fuerza. Esta potencia representa la condición máxima teórica en la que todas las cargas del tablero operarían simultáneamente bajo valores nominales.

A partir del cuadro de cargas elaborado para el tablero TD2, se obtuvo una potencia instalada total de:

$$P_{\text{inst,TD2}} = 4.06 \text{ kW}$$

Este valor constituye la base para la estimación de la demanda eléctrica real del tablero.

5.10.2 Determinación de la demanda del tablero TD2

Considerando que no todas las cargas conectadas al tablero TD2 operan de manera simultánea, se aplicó un factor de coincidencia de 0.8 sobre la potencia instalada, con el fin de obtener una demanda más representativa del comportamiento real del sistema eléctrico.

La demanda activa del tablero TD2 se calculó como:

$$P_{\text{dem,TD2}} = 4.06 \times 0.8 = 3.45 \text{ kW}$$

Este valor representa la potencia activa que se espera sea demandada por el tablero TD2 en condiciones normales de operación.

5.10.3 Potencia aparente demandada del tablero TD2

Para el dimensionamiento eléctrico del tablero y sus elementos asociados, se realizó la conversión de potencia activa a potencia aparente considerando un factor de potencia de 0.94, correspondiente a las características de las cargas conectadas.

De esta manera, la potencia aparente demandada del tablero TD2 resulta:

$$S_{\text{TD2}} = \frac{3.45}{0.94} = 3.67 \text{ kVA}$$

Este valor coincide con el obtenido mediante el cálculo detallado circuito a circuito reflejado en el cuadro de cargas, por lo que se adopta para el diseño eléctrico del tablero.

5.10.4 Cálculo de la corriente de diseño del tablero TD2

La corriente de diseño del tablero TD2 se calculó a partir de la potencia aparente adoptada y el nivel de tensión del sistema en bajo voltaje. Considerando una tensión de línea de 220 V, la corriente de línea del tablero TD2 se determinó como:

$$I_{\text{TD2}} = \frac{3.67 \times 10^3}{220} = 16.70 \text{ A}$$

Este valor representa la corriente máxima esperada en condiciones normales de operación y se utiliza como referencia para la selección de los conductores de alimentación

y del interruptor principal del tablero.

5.10.5 Verificación de la caída de tensión

La verificación de la caída de tensión del alimentador del tablero TD2 se realizó considerando una longitud aproximada de 7 m y la configuración de conductores seleccionada en el diseño. A partir de estos parámetros, se obtuvo una caída de tensión del 0.09 %, valor que se encuentra ampliamente por debajo de los límites recomendados para instalaciones eléctricas residenciales en bajo voltaje.

Por lo tanto, la caída de tensión del alimentador del tablero TD2 se considera aceptable y no compromete el correcto funcionamiento de los equipos conectados.

5.10.6 Conclusión técnica del tablero TD2

Del análisis realizado se concluye que el tablero de distribución TD2 presenta una demanda activa de 3.45 kW, una potencia aparente de 3.67 kVA y una corriente de línea de 16.70 A. Estos resultados permiten establecer de manera adecuada el dimensionamiento de los conductores, dispositivos de protección y alimentadores, garantizando una operación segura y conforme a la normativa ecuatoriana aplicable a instalaciones eléctricas residenciales en bajo voltaje.

5.11 Demanda eléctrica total del proyecto (TD1 y TD2)

Una vez determinado el comportamiento eléctrico individual de los tableros de distribución TD1 y TD2, se procede a establecer la demanda eléctrica total del proyecto residencial. Esta demanda corresponde a la suma de las potencias aparentes demandadas por ambos tableros y representa la carga que debe ser abastecida por el sistema de alimentación principal de la vivienda.

A partir de los resultados obtenidos en los cálculos individuales, se tiene una demanda aparente de 11,36 kVA para el tablero TD1 y de 3,67 kVA para el tablero TD2. En consecuencia, la demanda eléctrica total del proyecto resulta:

$$S_{\text{total}} = 11,36 + 3,67 = 15,04 \text{ kVA}$$

Este valor coincide con el resumen de demanda obtenido mediante el análisis en hoja de cálculo y se adopta como la demanda eléctrica total del proyecto residencial. La demanda total calculada constituye el criterio base para el dimensionamiento del interruptor general, del alimentador principal y de los sistemas de protección asociados, garantizando una operación segura y conforme a la normativa ecuatoriana aplicable a instalaciones eléctricas residenciales en bajo voltaje.

5.12 Selección del interruptor general del proyecto

Una vez determinada la demanda eléctrica total del proyecto residencial, se procede a la selección del interruptor general, el cual constituye el principal dispositivo de protección de la instalación eléctrica. Este elemento tiene como función proteger al sistema ante condiciones de sobrecarga y cortocircuito, así como permitir la desconexión total del suministro eléctrico de la vivienda cuando sea necesario.

La selección del interruptor general se realizó a partir de la demanda eléctrica total del proyecto, obtenida como la suma de las demandas aparentes de los tableros de distribución TD1 y TD2, la cual asciende a 15,04 kVA. Este valor representa la condición máxima de carga que debe ser soportada por el sistema de alimentación principal.

Considerando el nivel de tensión del sistema en bajo voltaje y con el objetivo de garantizar una operación segura, se determinó la corriente de diseño asociada a dicha demanda. Sobre esta corriente se aplicó un criterio de sobredimensionamiento del 125%, el cual se adopta para el dimensionamiento del interruptor general, debido a que este dispositivo protege al conjunto completo de la instalación y debe ser capaz de soportar condiciones de operación prolongada y posibles incrementos de carga futuros.

La aplicación de este criterio permite evitar disparos intempestivos del interruptor general bajo condiciones normales de funcionamiento y garantiza una adecuada coordinación con los conductores del alimentador principal. En función de estos criterios, se seleccionó un interruptor general cuya corriente nominal es superior a la corriente de diseño calculada, asegurando el cumplimiento de los requisitos de seguridad y confiabilidad

exigidos para instalaciones eléctricas residenciales en bajo voltaje.

5.13 Verificación de la capacidad del transformador de suministro

Una vez seleccionados los dispositivos principales de protección del sistema eléctrico residencial, se procedió a verificar la capacidad del transformador de suministro, con el fin de garantizar que este sea capaz de abastecer de manera adecuada la demanda eléctrica total del proyecto.

De acuerdo con el análisis realizado, la demanda eléctrica total del proyecto residencial asciende a 15,04 kVA, valor que fue obtenido a partir de la suma de las demandas aparentes de los tableros de distribución TD1 y TD2. Por otra parte, se contempla un transformador trifásico con una capacidad nominal de 25 kVA como fuente de alimentación del sistema.

Al comparar la demanda total del proyecto con la capacidad del transformador, se observa que la carga demandada representa aproximadamente el 60 % de la capacidad nominal del equipo. Esta relación evidencia que el transformador opera dentro de un rango seguro, evitando condiciones de sobrecarga y proporcionando un margen adecuado para posibles incrementos futuros de demanda.

En consecuencia, se concluye que el transformador trifásico de 25 kVA presenta una capacidad suficiente para abastecer la demanda eléctrica total del proyecto residencial, garantizando una operación segura y confiable del sistema eléctrico en condiciones normales de funcionamiento.

5.14 Dimensionamiento del alimentador principal del proyecto

Una vez determinada la demanda eléctrica total del proyecto residencial y verificada la capacidad del transformador de suministro, se procedió al dimensionamiento del alimentador principal, el cual tiene como función transportar la energía eléctrica desde el punto de suministro hasta los tableros de distribución TD1 y TD2.

El dimensionamiento del alimentador principal se realizó considerando la demanda eléctrica total del proyecto, equivalente a 15,04 kVA, así como el nivel de tensión del

sistema y las condiciones de operación en bajo voltaje. A partir de esta demanda, se obtuvo una corriente total de línea de 69,48 A, valor que constituye la corriente base para el diseño del alimentador.

Con el objetivo de garantizar una operación segura y conforme a la normativa aplicable, se verificó que el calibre del conductor seleccionado sea capaz de soportar la corriente de diseño sin presentar sobrecalentamiento, considerando además factores asociados al método de instalación y al tipo de aislamiento del conductor.

En función de los resultados obtenidos, se seleccionó una configuración de alimentador principal conformada por dos conductores de fase calibre AWG 6, un conductor neutro calibre AWG 6 y un conductor de puesta a tierra calibre AWG 8, configuración que permite una adecuada capacidad de conducción de corriente y compatibilidad con los dispositivos de protección seleccionados.

Adicionalmente, se realizó la verificación de la caída de tensión del alimentador principal, considerando la longitud del tramo y la corriente de operación. El valor obtenido de caída de tensión se encuentra dentro de los límites recomendados por la normativa para instalaciones eléctricas residenciales en bajo voltaje, lo que garantiza un adecuado nivel de tensión en los tableros de distribución.

En consecuencia, el alimentador principal seleccionado cumple con los criterios de capacidad de corriente, caída de tensión y seguridad eléctrica, asegurando una operación confiable del sistema eléctrico residencial.

5.15 Sistema de puesta a tierra del proyecto

El sistema de puesta a tierra constituye un elemento fundamental dentro del diseño de la instalación eléctrica residencial, ya que su función principal es proteger a las personas, a los equipos eléctricos y a la propia instalación frente a fallas a tierra, descargas eléctricas y sobretensiones transitorias, garantizando además la correcta operación de los dispositivos de protección (NEC-SB Instalaciones Eléctricas, 2011).

Para el proyecto residencial se contempla la instalación de una barra de cobre ubicada en el tablero general, la cual actúa como punto común de conexión del sistema de puesta

a tierra. A esta barra se conectan el conductor de protección del alimentador principal, los conductores de protección provenientes de los tableros de distribución TD1 y TD2, así como las masas metálicas de los equipos y canalizaciones eléctricas, permitiendo una conexión ordenada, segura y accesible para labores de inspección y mantenimiento, conforme a los criterios de conexión equipotencial establecidos para instalaciones eléctricas interiores (NEC-SB Instalaciones Eléctricas, 2011).

La selección de una barra de cobre se justifica por su alta conductividad eléctrica, resistencia a la corrosión y confiabilidad en la disipación de corrientes de falla hacia el suelo, características que concuerdan con las prácticas recomendadas para sistemas de puesta a tierra en instalaciones de bajo voltaje (NTE INEN 2345).

Como electrodo de puesta a tierra se proyecta la instalación de una varilla de cobre de 1,80 m de longitud, hincada verticalmente en el terreno. Esta longitud corresponde a la dimensión estándar utilizada en instalaciones eléctricas residenciales y comerciales de bajo voltaje, permitiendo un adecuado contacto eléctrico con el suelo y una correcta disipación de corrientes de falla (NEC, Artículo 250).

La conexión entre la varilla de puesta a tierra y la barra de cobre del tablero general se realiza mediante un conductor de puesta a tierra dimensionado de acuerdo con los criterios técnicos y normativos aplicables, garantizando continuidad eléctrica y baja impedancia del sistema de protección (NEC, Artículo 250).

En cuanto a la resistencia del sistema de puesta a tierra, se establece que esta deberá ser verificada mediante medición en campo, utilizando los procedimientos técnicos correspondientes. Para instalaciones eléctricas residenciales en bajo voltaje, la normativa establece que una resistencia de puesta a tierra de hasta 25 ohmios es admisible, no siendo obligatoria la instalación de electrodos adicionales cuando se cumple este valor (NEC, Artículo 250.53).

No obstante, en el contexto del presente proyecto se adopta como valor de referencia una resistencia máxima de 20 ohmios, criterio que se alinea con la práctica técnica habitual en instalaciones residenciales en Ecuador y proporciona un margen adicional de seguridad para la correcta actuación de los dispositivos de protección.

En caso de que el valor de resistencia medido supere el límite establecido, deberán implementarse medidas correctivas, tales como la instalación de electrodos adicionales, la

interconexión de varillas o el mejoramiento de las condiciones del suelo, hasta alcanzar un valor de resistencia admisible, conforme a los procedimientos normativos aplicables (NEC, Artículo 250).

En consecuencia, el sistema de puesta a tierra propuesto, conformado por barra de cobre, conductor de protección y varilla de puesta a tierra de 1,80 m, garantiza condiciones adecuadas de seguridad eléctrica, confiabilidad operativa y cumplimiento de la normativa ecuatoriana y técnica aplicable a instalaciones eléctricas residenciales en bajo voltaje.

5.16 Conclusión general del diseño eléctrico residencial

El presente capítulo desarrolló la aplicación de la normativa ecuatoriana vigente al diseño eléctrico de una instalación residencial en bajo voltaje, abordando de manera estructurada la identificación y clasificación de las cargas, la distribución de circuitos, el cálculo de los tableros de distribución TD1 y TD2, la determinación de la demanda eléctrica total, la selección de protecciones y el diseño del sistema de puesta a tierra.

A partir de los cuadros de carga elaborados, se determinó la demanda eléctrica del sistema, permitiendo un dimensionamiento adecuado de los conductores, interruptores de protección y del transformador de alimentación, garantizando condiciones seguras de operación y un uso eficiente de la energía eléctrica dentro de la vivienda.

Asimismo, se definió un sistema de protecciones eléctricas coordinado, orientado a la protección de las personas y de la instalación frente a sobrecargas y cortocircuitos, cumpliendo los criterios técnicos establecidos para instalaciones eléctricas interiores en bajo voltaje. De igual manera, se diseñó un sistema de puesta a tierra conforme a la normativa ecuatoriana aplicable y a criterios técnicos de referencia, asegurando una adecuada disipación de corrientes de falla y la correcta actuación de los dispositivos de protección.

En consecuencia, el diseño eléctrico residencial desarrollado cumple con los lineamientos establecidos por la normativa ecuatoriana vigente para instalaciones eléctricas interiores, presentando una solución técnica segura, funcional y acorde a las condiciones reales de uso de la vivienda, constituyéndose en una base adecuada para su ejecución e implementación.

5.17 APLICACIÓN DE LA NORMATIVA ECUATORIANA EN EL DISEÑO ELÉCTRICO COMERCIAL

5.18 Introducción

El diseño de instalaciones eléctricas en edificaciones de uso comercial requiere un análisis técnico más riguroso que el aplicado a edificaciones residenciales, debido a la mayor concentración de cargas, la diversidad de equipos eléctricos, los regímenes de operación prolongados y la necesidad de garantizar continuidad del servicio eléctrico.

En el Ecuador, el diseño de instalaciones eléctricas interiores en bajo voltaje para edificaciones comerciales se rige por la Norma Ecuatoriana de la Construcción, en el eje de Servicios Básicos, específicamente en el apartado de Instalaciones Eléctricas (NEC-SB Instalaciones Eléctricas, 2011), la cual establece los criterios técnicos mínimos para el dimensionamiento de cargas, circuitos, tableros, alimentadores, sistemas de protección y puesta a tierra.

El presente capítulo desarrolla la aplicación de la normativa ecuatoriana vigente al diseño eléctrico de una edificación de uso comercial, considerando los planos eléctricos desarrollados, los cuadros de carga obtenidos y las condiciones reales de operación del proyecto. El análisis se enfoca en las instalaciones eléctricas interiores en bajo voltaje, desde el sistema de alimentación secundaria hasta los circuitos derivados finales.

5.19 Alcance del diseño eléctrico comercial

El alcance del diseño eléctrico comercial comprende el análisis, cálculo y dimensionamiento de los siguientes elementos:

- Identificación y clasificación de las cargas eléctricas comerciales.
- Elaboración del cuadro general de cargas del proyecto.
- Cálculo de la demanda eléctrica instalada, coincidente y de diseño.
- Dimensionamiento del tablero de distribución comercial.

- Selección de conductores eléctricos y dispositivos de protección.
- Verificación de la caída de tensión en alimentadores y circuitos derivados.
- Selección del interruptor general del proyecto.
- Análisis del sistema de alimentación mediante transformador.
- Diseño del sistema de puesta a tierra.

El diseño se desarrolla bajo el supuesto de operación en bajo voltaje, cumpliendo con los criterios establecidos en la normativa ecuatoriana aplicable a instalaciones eléctricas interiores de uso comercial.

5.20 Identificación y clasificación de cargas eléctricas comerciales

La identificación y clasificación de las cargas eléctricas constituye una etapa fundamental en el diseño eléctrico de edificaciones de uso comercial, ya que permite organizar de forma adecuada los circuitos eléctricos, establecer criterios correctos de protección y garantizar un funcionamiento seguro y eficiente del sistema eléctrico.

De acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción, en el apartado de Instalaciones Eléctricas (NEC-SB Instalaciones Eléctricas, 2011), las cargas deben ser identificadas considerando su tipo de uso, nivel de potencia instalada, tensión de alimentación y régimen de operación, especialmente en edificaciones comerciales donde las cargas suelen operar de forma simultánea y prolongada.

En el presente proyecto, las cargas eléctricas han sido identificadas a partir de los planos eléctricos desarrollados y del análisis funcional de los espacios comerciales, clasificándose en cargas de iluminación, cargas de tomacorrientes de uso general y cargas especiales de fuerza.

5.20.1 Cargas de iluminación

Las cargas de iluminación corresponden a los sistemas destinados a proporcionar iluminación artificial en las distintas áreas del establecimiento comercial, tales como áreas de

trabajo, zonas de circulación, áreas técnicas y espacios complementarios.

Estas cargas están constituidas principalmente por luminarias de tecnología LED, las cuales se caracterizan por su alta eficiencia energética, bajo consumo eléctrico y mayor vida útil, lo que resulta adecuado para ambientes comerciales con tiempos de operación prolongados.

Las luminarias han sido distribuidas en varios circuitos independientes, considerando la zonificación del local y la necesidad de garantizar continuidad del servicio ante la posible falla de un circuito. Esta disposición permite limitar la potencia instalada por circuito y facilita las labores de operación y mantenimiento, conforme a los criterios establecidos en la normativa ecuatoriana aplicable.

5.20.2 Cargas de tomacorrientes de uso general

Las cargas de tomacorrientes de uso general corresponden a los puntos destinados a la alimentación de equipos eléctricos de uso comercial, tales como computadoras, estaciones de trabajo, equipos electrónicos, herramientas portátiles y dispositivos auxiliares.

Estas cargas han sido distribuidas en circuitos derivados independientes, considerando la cantidad de puntos por circuito y la potencia prevista de los equipos conectados, con el objetivo de evitar sobrecargas y garantizar un nivel adecuado de seguridad eléctrica.

La clasificación de los tomacorrientes se realizó en función de su tensión de alimentación y del uso previsto, respetando los criterios normativos de protección y capacidad de los conductores establecidos para instalaciones eléctricas interiores en bajo voltaje (NEC-SB Instalaciones Eléctricas, 2011).

5.20.3 Cargas especiales de fuerza

Las cargas especiales de fuerza corresponden a equipos eléctricos de mayor potencia que, por sus características de operación, requieren circuitos dedicados y dispositivos de protección específicos.

En el proyecto comercial se han identificado como cargas especiales de fuerza equipos

tales como líneas de balanceo, frenos electromecánicos, analizadores de gases, estaciones de trabajo industriales, bombas, sistemas de control y equipos técnicos especializados, los cuales presentan potencias significativamente mayores en comparación con las cargas de uso general.

Estas cargas han sido asignadas a circuitos exclusivos, garantizando una correcta coordinación entre conductores, protecciones y equipos, así como una adecuada distribución de fases para lograr un equilibrio del sistema eléctrico.

5.20.4 Criterios de clasificación de las cargas

La clasificación de las cargas eléctricas comerciales se realizó considerando los siguientes criterios principales:

- Tipo de uso del equipo eléctrico.
- Nivel de potencia instalada.
- Tensión de alimentación.
- Número de fases requeridas.
- Necesidad de circuito dedicado.
- Régimen de operación y simultaneidad.

Esta clasificación permite estructurar el sistema eléctrico comercial de manera ordenada y coherente, estableciendo la base técnica para el desarrollo del cálculo de cargas, la determinación de la demanda eléctrica y el dimensionamiento de los tableros y sistemas de protección, aspectos que se desarrollan en los apartados siguientes del presente capítulo.

5.21 Cálculo del tablero de distribución comercial

El tablero de distribución comercial constituye el elemento central del sistema eléctrico interior del proyecto, ya que concentra la alimentación de los circuitos de iluminación,

tomacorrientes y cargas especiales de fuerza identificadas previamente. El cálculo de este tablero se realiza a partir del cuadro de cargas elaborado, el cual resume las potencias instaladas, factores de demanda y corrientes asociadas a cada circuito.

Para el presente proyecto se considera un único tablero de distribución comercial, desde el cual se alimentan todos los circuitos derivados del establecimiento.

5.21.1 Potencia instalada del tablero comercial

La potencia instalada del tablero comercial se determina como la suma de las potencias nominales de todos los circuitos eléctricos que lo conforman, incluyendo iluminación, tomacorrientes de uso general y cargas especiales de fuerza.

A partir del cuadro de cargas del proyecto, la potencia instalada total del tablero comercial se expresa como:

$$P_{\text{inst,TC}} = \sum P_i$$

donde P_i representa la potencia nominal de cada circuito individual. Este valor corresponde a la condición máxima teórica de operación simultánea de todas las cargas conectadas al tablero.

5.21.2 Determinación de la demanda eléctrica

Con el objetivo de representar de forma más realista el comportamiento del sistema eléctrico, sobre la potencia instalada se aplican los factores de demanda y simultaneidad correspondientes, de acuerdo con el tipo de carga y el uso comercial del proyecto.

La demanda activa del tablero comercial se obtiene mediante la expresión:

$$P_{\text{dem,TC}} = P_{\text{inst,TC}} \times f_d$$

donde f_d corresponde al factor de demanda aplicado según el criterio técnico adoptado en el cuadro de cargas.

Posteriormente, considerando el factor de potencia del sistema, la potencia aparente demandada del tablero comercial se calcula como:

$$S_{TC} = \frac{P_{dem,TC}}{FP}$$

Este valor de potencia aparente constituye la base para el dimensionamiento de conductores, protecciones y equipos de alimentación del sistema.

5.21.3 Cálculo de la corriente de diseño

La corriente de diseño del tablero comercial se determina a partir de la potencia aparente demandada y del voltaje nominal del sistema de alimentación en bajo voltaje.

Para un sistema trifásico, la corriente de línea se calcula mediante:

$$I_{TC} = \frac{S_{TC} \times 10^3}{\sqrt{3} \times V_L}$$

donde V_L corresponde al voltaje de línea del sistema. Esta corriente representa la condición normal de operación del tablero y se utiliza como referencia para la selección del interruptor general y los conductores de alimentación.

5.21.4 Verificación de la caída de tensión

La caída de tensión del alimentador principal del tablero comercial se verifica con el fin de garantizar que el valor obtenido se encuentre dentro de los límites admisibles para instalaciones eléctricas interiores en bajo voltaje.

El cálculo de la caída de tensión se realiza considerando la longitud del alimentador, la corriente de diseño, la sección del conductor seleccionado y las características eléctricas del

material conductor. El valor obtenido es comparado con el porcentaje máximo permitido, verificando el cumplimiento normativo del diseño.

5.21.5 Conclusión técnica del tablero comercial

A partir del análisis realizado, el tablero de distribución comercial ha sido dimensionado considerando la potencia instalada, la demanda eléctrica real del proyecto y las condiciones de operación en bajo voltaje. Los resultados obtenidos permiten definir de manera adecuada la capacidad del interruptor general, la sección de los conductores y la configuración del sistema de alimentación.

Este análisis constituye la base técnica para la selección del transformador de alimentación, el diseño del sistema de protecciones y la verificación integral del funcionamiento seguro y confiable de la instalación eléctrica comercial.

5.22 Selección y justificación del transformador de alimentación

El sistema eléctrico del proyecto comercial se alimenta mediante un transformador de distribución, el cual permite reducir el nivel de tensión de la red de distribución hasta los valores requeridos para la operación de las instalaciones eléctricas interiores en bajo voltaje. La selección del transformador constituye un aspecto clave del diseño, ya que debe garantizar la capacidad suficiente para abastecer la demanda eléctrica del proyecto de forma segura y confiable.

La capacidad del transformador se determina a partir de la potencia aparente demandada por el tablero de distribución comercial, obtenida del cuadro de cargas y del análisis de demanda realizado previamente. Este criterio permite asegurar que el transformador opere dentro de rangos adecuados, evitando condiciones de sobrecarga y facilitando una posible expansión futura del sistema.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el cálculo de demanda, se selecciona un transformador con una potencia nominal de:

$$S_{TR} = 25 \text{ kVA}$$

La capacidad seleccionada es superior a la potencia aparente demandada del proyecto, proporcionando un margen de seguridad adecuado para variaciones de carga y crecimiento moderado de la instalación, conforme a las prácticas técnicas habituales en sistemas eléctricos comerciales en bajo voltaje.

El transformador alimenta directamente al tablero de distribución comercial, desde el cual se distribuye la energía eléctrica a los distintos circuitos derivados del proyecto. La tensión secundaria del transformador se selecciona de acuerdo con los niveles de operación establecidos para instalaciones eléctricas interiores en bajo voltaje, garantizando la compatibilidad con los equipos y dispositivos de protección utilizados.

Cabe señalar que el alcance del presente proyecto se limita al diseño de las instalaciones eléctricas interiores en bajo voltaje, por lo que no se aborda el diseño de la red de distribución ni los sistemas de protección en el lado de media tensión del transformador. Estos aspectos corresponden a la empresa distribuidora de energía eléctrica y se encuentran fuera del alcance del diseño desarrollado.

En consecuencia, la selección del transformador de 25 kVA resulta adecuada para el abastecimiento del proyecto comercial, asegurando continuidad del servicio, confiabilidad operativa y cumplimiento de los criterios técnicos aplicables a instalaciones eléctricas interiores en el contexto normativo ecuatoriano.

5.23 Sistema de protecciones eléctricas del proyecto comercial

El sistema de protecciones eléctricas del proyecto comercial tiene como finalidad principal proteger a las personas, a los equipos eléctricos y a la instalación frente a condiciones anormales de operación, tales como sobrecargas, cortocircuitos y fallas a tierra, garantizando un funcionamiento seguro y confiable del sistema eléctrico.

De acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción, en el eje de Servicios Básicos – Instalaciones Eléctricas (NEC-SB Instalaciones Eléctricas, 2011), toda instalación eléctrica interior en bajo voltaje debe contar con dispositivos de protección correctamente

dimensionados y coordinados, considerando la capacidad de los conductores, la corriente de diseño y el tipo de carga alimentada.

5.23.1 Protección general del tablero comercial

El tablero de distribución comercial dispone de un interruptor automático general, ubicado en el punto de alimentación del tablero, cuya función es proteger el alimentador principal frente a sobrecorrientes y cortocircuitos, así como permitir la desconexión total de la instalación para labores de operación, inspección y mantenimiento.

La corriente nominal del interruptor general se selecciona a partir de la corriente de diseño del tablero comercial, determinada mediante el análisis de demanda eléctrica del proyecto, aplicando un margen de seguridad que permita una operación continua sin disparos intempestivos bajo condiciones normales de carga (NEC-SB Instalaciones Eléctricas, 2011).

Este criterio garantiza que el dispositivo de protección sea compatible con la capacidad térmica de los conductores del alimentador principal, asegurando una correcta relación entre protección y conductor, conforme a los principios de seguridad eléctrica establecidos para instalaciones en bajo voltaje (NTE INEN 2345).

5.23.2 Protección de circuitos derivados

Cada circuito derivado del tablero comercial se encuentra protegido mediante interruptores automáticos individuales, seleccionados en función de la corriente nominal del circuito, el tipo de carga alimentada y la sección del conductor correspondiente.

Los circuitos de iluminación, tomacorrientes de uso general y cargas especiales de fuerza cuentan con protecciones diferenciadas, lo que permite una adecuada selectividad del sistema y limita la actuación del sistema de protección únicamente al circuito afectado ante una falla, sin comprometer la continuidad del servicio en el resto de la instalación (NEC-SB Instalaciones Eléctricas, 2011).

Esta disposición cumple con los criterios normativos que establecen la obligatoriedad de proteger cada circuito derivado de manera independiente, garantizando seguridad para

los usuarios y preservación de los equipos eléctricos (NTE INEN 2345).

5.23.3 Criterios de coordinación y selectividad

La coordinación y selectividad del sistema de protecciones se ha considerado con el objetivo de asegurar que, ante una condición de falla, actúe únicamente el dispositivo de protección más cercano al punto de falla, evitando desconexiones innecesarias del sistema completo.

Los valores nominales y las características de disparo de los interruptores automáticos han sido seleccionados de manera coherente con las corrientes de diseño y la capacidad de los conductores, cumpliendo con los criterios de coordinación establecidos para instalaciones eléctricas interiores en bajo voltaje (NEC-SB Instalaciones Eléctricas, 2011).

5.23.4 Conclusión técnica del sistema de protecciones

El sistema de protecciones eléctricas propuesto para el proyecto comercial cumple con los requisitos establecidos en la normativa ecuatoriana aplicable, garantizando protección adecuada frente a sobrecargas y cortocircuitos, así como una correcta coordinación entre el interruptor general y los dispositivos de protección de los circuitos derivados.

La correcta selección y disposición de los dispositivos de protección contribuye a la seguridad de los usuarios, a la integridad de los equipos eléctricos y a la confiabilidad operativa del sistema eléctrico del establecimiento comercial, en concordancia con la normativa ecuatoriana vigente para instalaciones eléctricas interiores en bajo voltaje.

5.24 Sistema de puesta a tierra del proyecto comercial

El sistema de puesta a tierra constituye un elemento esencial dentro del diseño de la instalación eléctrica comercial, ya que su función principal es proteger a las personas, a los equipos eléctricos y a la propia instalación frente a fallas a tierra, descargas eléctricas y sobretensiones, además de garantizar la correcta operación de los dispositivos de protección.

De acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción, en el apartado de Servicios Básicos – Instalaciones Eléctricas (NEC-SB Instalaciones Eléctricas, 2011), toda instalación eléctrica interior en bajo voltaje debe disponer de un sistema de puesta a tierra adecuado, continuo y permanente, que permita la disipación segura de las corrientes de falla hacia el terreno.

Para el proyecto comercial se contempla la instalación de una barra de cobre ubicada en el tablero de distribución comercial, la cual actúa como punto común de conexión del sistema de puesta a tierra. A esta barra se conectan el conductor de protección del alimentador principal, los conductores de protección de los circuitos derivados, así como las masas metálicas de los equipos eléctricos y canalizaciones, asegurando la equipotencialidad del sistema (NEC-SB Instalaciones Eléctricas, 2011).

La selección de una barra de cobre se justifica por su alta conductividad eléctrica, su resistencia a la corrosión y su confiabilidad para la disipación de corrientes de falla, características recomendadas para sistemas de puesta a tierra en instalaciones eléctricas interiores de uso comercial (NTE INEN 2345).

Como electrodo de puesta a tierra se proyecta la instalación de una varilla de cobre hincada verticalmente en el terreno, con una longitud de 1,80 m, dimensión utilizada de manera habitual en instalaciones eléctricas comerciales y residenciales en bajo voltaje, ya que permite un adecuado contacto eléctrico con el suelo y una correcta disipación de corrientes de falla (NEC-SB Instalaciones Eléctricas, 2011).

La conexión entre la varilla de puesta a tierra y la barra de cobre del tablero comercial se realiza mediante un conductor de puesta a tierra dimensionado conforme a los criterios técnicos establecidos para garantizar continuidad eléctrica y baja impedancia del sistema de protección (NTE INEN 2345).

En cuanto a la resistencia del sistema de puesta a tierra, la normativa establece que para instalaciones eléctricas interiores en bajo voltaje es admisible una resistencia de puesta a tierra de hasta 25 ohmios, no siendo obligatoria la instalación de electrodos adicionales cuando se cumple este valor (NEC-SB Instalaciones Eléctricas, 2011).

No obstante, para el presente proyecto comercial se adopta como criterio de diseño una resistencia máxima de 20 ohmios, valor que proporciona un mayor margen de seguridad y se alinea con las prácticas técnicas comúnmente aplicadas en instalaciones comerciales

en el Ecuador.

En caso de que la medición en campo arroje un valor de resistencia superior al límite adoptado, deberán implementarse medidas correctivas tales como la instalación de electrodos adicionales, la interconexión de varillas o el mejoramiento de las condiciones del terreno, hasta alcanzar un valor admisible, conforme a los procedimientos técnicos establecidos en la normativa vigente (NEC-SB Instalaciones Eléctricas, 2011).

En consecuencia, el sistema de puesta a tierra propuesto para el proyecto comercial garantiza condiciones adecuadas de seguridad eléctrica, confiabilidad operativa y cumplimiento de la normativa ecuatoriana aplicable a instalaciones eléctricas interiores en bajo voltaje.

5.25 Planos eléctricos y diagrama unifilar del proyecto comercial

Los planos eléctricos y el diagrama unifilar constituyen la representación gráfica del diseño eléctrico del proyecto comercial y permiten visualizar de manera clara la distribución de los circuitos, la ubicación de los tableros, los dispositivos de protección y los sistemas de puesta a tierra.

De acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción en el apartado de Instalaciones Eléctricas (NEC-SB Instalaciones Eléctricas, 2011), toda instalación eléctrica interior debe contar con planos eléctricos actualizados que reflejen fielmente el diseño ejecutado, sirviendo como referencia para la correcta construcción, inspección, operación y mantenimiento del sistema eléctrico.

En el presente proyecto, los planos eléctricos desarrollados incluyen la distribución de los circuitos de iluminación, tomacorrientes de uso general y cargas especiales de fuerza, así como la ubicación del tablero de distribución comercial, el interruptor general y los elementos principales del sistema de puesta a tierra.

El diagrama unifilar representa de forma esquemática la alimentación del sistema eléctrico comercial desde el transformador de distribución hasta el tablero principal y los circuitos derivados, indicando los niveles de tensión, dispositivos de protección y conductores principales del sistema. Esta representación permite verificar la coherencia del

diseño y facilita la interpretación técnica de la instalación eléctrica (NEC-SB Instalaciones Eléctricas, 2011).

5.26 Cierre técnico del diseño eléctrico comercial

El diseño eléctrico comercial desarrollado se ha realizado conforme a los criterios establecidos en la normativa ecuatoriana aplicable a instalaciones eléctricas interiores en bajo voltaje, considerando las condiciones reales de operación del proyecto y las exigencias propias de una edificación de uso comercial.

A partir de la identificación y clasificación de cargas, se elaboró el cuadro de cargas del proyecto, permitiendo determinar la potencia instalada, la demanda eléctrica y la corriente de diseño del sistema. Con base en estos resultados, se dimensionó el tablero de distribución comercial, se seleccionaron los conductores, los dispositivos de protección y el transformador de alimentación de 25 kVA, garantizando un margen adecuado de seguridad y capacidad operativa.

Asimismo, se diseñó el sistema de protecciones eléctricas y el sistema de puesta a tierra, asegurando la protección de las personas, los equipos y la instalación frente a condiciones anormales de operación, en cumplimiento de los criterios establecidos por la Norma Ecuatoriana de la Construcción y las normas técnicas INEN aplicables (NEC-SB Instalaciones Eléctricas, 2011; NTE INEN 2345).

En consecuencia, el diseño eléctrico comercial propuesto cumple con los requisitos técnicos y normativos vigentes en el Ecuador para instalaciones eléctricas interiores en bajo voltaje, proporcionando un sistema seguro, confiable y técnicamente sustentado, apto para su ejecución y futura operación.

5.27 APLICACIÓN DE NORMATIVA TÉCNICA EN EL DISEÑO ELÉCTRICO DE UNA ELECTROLINERA EN EL ECUADOR

5.28 Introducción

La incorporación de infraestructura de recarga para vehículos eléctricos constituye un elemento clave dentro del proceso de transición energética y movilidad sostenible. Las electrolineras concentran cargas eléctricas de alta potencia y operación prolongada, lo cual exige un diseño eléctrico riguroso que garantice condiciones adecuadas de seguridad, confiabilidad y continuidad del servicio.

En el contexto ecuatoriano, actualmente no existe una normativa técnica específica que regule de manera integral el diseño eléctrico de electrolineras. Por esta razón, el desarrollo del presente diseño se fundamenta en la aplicación de normas técnicas internacionalmente reconocidas, las cuales permiten establecer criterios claros para el dimensionamiento de cargas, conductores, protecciones y sistemas de puesta a tierra, adaptados a las condiciones locales de operación.

El presente apartado desarrolla el diseño eléctrico de una electrolinera de nivel 2, considerando las condiciones de suministro en bajo voltaje, la potencia demandada por los equipos de recarga y los requisitos técnicos necesarios para garantizar una operación segura y eficiente del sistema eléctrico.

5.29 Marco normativo aplicable al diseño de electrolineras

Ante la ausencia de una normativa ecuatoriana específica para electrolineras, el diseño eléctrico del presente proyecto se sustenta en la aplicación de normativa técnica internacional, complementada con la normativa ecuatoriana vigente para instalaciones eléctricas interiores en bajo voltaje.

Como base principal se adopta el *National Electrical Code* (NEC), debido a que este cuerpo normativo establece criterios específicos para la instalación de sistemas de carga

para vehículos eléctricos, incluyendo la clasificación de las cargas, factores de continuidad, requisitos de protección y sistemas de puesta a tierra (NEC, Artículo 625).

De manera complementaria, se consideran los lineamientos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción en el eje de Servicios Básicos – Instalaciones Eléctricas, aplicables a instalaciones interiores en bajo voltaje, especialmente en lo referente a conductores, dispositivos de protección y sistemas de puesta a tierra (NEC-SB Instalaciones Eléctricas, 2011).

La aplicación conjunta de estas normativas permite desarrollar un diseño técnicamente sustentado, alineado con las prácticas internacionales y compatible con el marco regulatorio vigente en el Ecuador.

5.30 Clasificación del suministro y nivel de tensión

La electrolinera objeto del presente diseño se clasifica como una instalación eléctrica interior en bajo voltaje, alimentada desde el sistema de distribución secundaria mediante un transformador, el cual suministra energía eléctrica al tablero general de la electrolinera.

El sistema opera en un esquema trifásico en bajo voltaje, lo que permite una distribución equilibrada de las cargas y una adecuada capacidad de suministro para los equipos de recarga de vehículos eléctricos.

El alcance del diseño se limita exclusivamente a las instalaciones eléctricas interiores en bajo voltaje, no contemplándose el análisis ni dimensionamiento de redes de media tensión, las cuales corresponden a la empresa distribuidora de energía eléctrica.

5.31 Clasificación de la electrolinera

De acuerdo con los criterios establecidos en la normativa técnica internacional, la electrolinera diseñada corresponde a una electrolinera de nivel 2, caracterizada por operar en corriente alterna y suministrar energía a tensiones típicas de bajo voltaje.

Las estaciones de recarga de nivel 2 presentan potencias mayores a las de uso resi-

dencial, lo que implica considerarlas como cargas de operación prolongada, criterio que influye directamente en el dimensionamiento de conductores y dispositivos de protección (NEC, Artículo 625).

Esta clasificación determina los factores de diseño aplicados en los cálculos eléctricos y establece la base técnica para el análisis de demanda, selección de protecciones y verificación del sistema de puesta a tierra, aspectos que se desarrollan en los apartados siguientes.

5.31.1 Características eléctricas generales de la electrolinera

La electrolinera de nivel 2 proyectada opera en corriente alterna y se integra al sistema eléctrico en bajo voltaje de la edificación, alimentándose desde el tablero de distribución asignado para los equipos de recarga.

De acuerdo con la clasificación establecida en la normativa técnica internacional, los equipos de recarga de nivel 2 funcionan típicamente a tensiones de bajo voltaje y demandan corrientes elevadas durante períodos prolongados de operación, por lo que deben ser considerados como cargas continuas para efectos de diseño eléctrico (NEC, Artículo 625).

Esta condición influye directamente en los criterios de selección de conductores, dispositivos de protección y sistemas de puesta a tierra, los cuales deben garantizar una operación segura, confiable y compatible con los regímenes de carga asociados a la recarga de vehículos eléctricos.

La integración de la electrolinera al sistema eléctrico existente se realiza respetando los principios de balance de fases, continuidad del servicio y coordinación de protecciones, asegurando que la operación de los equipos de recarga no genere efectos adversos sobre el resto de la instalación eléctrica.

5.31.2 Criterios normativos aplicados al diseño de la electrolinera

En el Ecuador, la normativa nacional vigente no contempla de manera específica criterios técnicos detallados para el diseño eléctrico de estaciones de recarga de vehículos eléctricos. Por esta razón, y conforme a la práctica técnica aceptada, el diseño de la electrolinera

se apoya en normativa técnica internacional reconocida, complementando los criterios establecidos en la normativa ecuatoriana para instalaciones eléctricas en bajo voltaje.

En este contexto, se adopta como referencia principal el Código Eléctrico Nacional de los Estados Unidos (NEC), específicamente el Artículo 625, el cual establece los lineamientos técnicos para sistemas de suministro de energía para vehículos eléctricos, incluyendo clasificación de cargas, condiciones de operación continua, protecciones y requisitos de seguridad.

La aplicación de esta normativa internacional se realiza de manera compatible con la Norma Ecuatoriana de la Construcción en el apartado de Instalaciones Eléctricas (NEC-SB Instalaciones Eléctricas, 2011), garantizando que los criterios adoptados no contravengan las disposiciones nacionales aplicables a instalaciones eléctricas interiores en bajo voltaje.

De esta forma, el diseño eléctrico de la electrolinera se fundamenta en una combinación de normativa ecuatoriana vigente y estándares técnicos internacionales, asegurando un sistema seguro, confiable y técnicamente sustentado.

5.31.3 Sistema de protecciones eléctricas de la electrolinera

El sistema de protecciones eléctricas de la electrolinera tiene como objetivo principal proteger a las personas, a los equipos de recarga y a la instalación eléctrica frente a condiciones anormales de operación, tales como sobrecargas, cortocircuitos y fallas a tierra.

De acuerdo con la normativa técnica internacional aplicable a estaciones de recarga de vehículos eléctricos, los equipos de nivel 2 deben considerarse cargas de operación continua, por lo que los dispositivos de protección asociados deben ser dimensionados considerando este régimen de funcionamiento (NEC, Artículo 625).

La electrolinera se alimenta desde un circuito dedicado, protegido mediante interruptores automáticos seleccionados en función de la corriente nominal del equipo de recarga y la capacidad térmica de los conductores, garantizando una adecuada coordinación entre protección y conductor.

Este criterio asegura que el sistema de protección actúe de manera selectiva ante una

falla, limitando la desconexión únicamente al circuito de la electrolinera y evitando afectar el resto de la instalación eléctrica del proyecto.

5.31.4 Sistema de puesta a tierra de la electrolinera

El sistema de puesta a tierra de la electrolinera constituye un elemento fundamental para la seguridad de las personas, la protección de los equipos de recarga y la correcta operación del sistema eléctrico, ya que permite la disipación de corrientes de falla hacia el terreno y garantiza la actuación adecuada de los dispositivos de protección.

De acuerdo con la normativa técnica aplicable a estaciones de recarga de vehículos eléctricos, el sistema de puesta a tierra debe asegurar la equipotencialidad de todas las partes metálicas expuestas y proporcionar un camino de baja impedancia para las corrientes de falla (NEC, Artículo 625; NEC, Artículo 250).

Para la electrolinera se contempla la conexión del equipo de recarga al sistema de puesta a tierra general del proyecto, mediante un conductor de protección conectado a la barra de tierra del tablero correspondiente. Esta barra actúa como punto común de conexión del sistema de puesta a tierra, integrando el equipo de recarga, los conductores de protección y las masas metálicas asociadas.

El sistema de puesta a tierra se complementa con electrodos de puesta a tierra tipo varilla, instalados conforme a las prácticas técnicas habituales para instalaciones en bajo voltaje, asegurando un adecuado contacto eléctrico con el terreno y una correcta disipación de las corrientes de falla.

En cuanto a la resistencia del sistema de puesta a tierra, se adopta un valor máximo admisible coherente con los criterios utilizados en el resto del proyecto, garantizando un nivel adecuado de seguridad eléctrica y confiabilidad operativa, en concordancia con la normativa técnica internacional y los criterios de la normativa ecuatoriana aplicable a instalaciones eléctricas interiores en bajo voltaje.

5.31.5 Conductores eléctricos y esquema de conexión de la electrolinera

La alimentación eléctrica de la electrolinera se realiza mediante un circuito dedicado, conectado desde el tablero de distribución correspondiente, garantizando independencia operativa y una adecuada coordinación con el sistema de protecciones del proyecto.

De acuerdo con la normativa técnica aplicable a estaciones de recarga de vehículos eléctricos, los conductores asociados a equipos de nivel 2 deben ser seleccionados considerando su capacidad de conducción de corriente, su resistencia térmica y su aptitud para operación continua (NEC, Artículo 625).

Para el presente proyecto se emplean conductores de cobre con aislamiento tipo THHN/THWN-2, los cuales se caracterizan por su adecuada capacidad térmica, resistencia mecánica y compatibilidad con instalaciones eléctricas interiores en bajo voltaje. Este tipo de conductor es ampliamente utilizado en sistemas de alimentación de cargas continuas y cumple con los requisitos establecidos para instalaciones comerciales y especiales (NEC, Artículo 310).

El esquema de conexión de la electrolinera contempla la alimentación en corriente alterna, desde el tablero de distribución hasta el equipo de recarga, incorporando los conductores de fase, neutro y conductor de protección, asegurando la correcta continuidad eléctrica y la puesta a tierra del sistema.

La disposición del circuito dedicado, junto con el uso de conductores adecuados y protecciones correctamente coordinadas, garantiza una operación segura del equipo de recarga y minimiza el riesgo de sobrecalentamiento, caídas de tensión excesivas o fallas eléctricas durante la operación normal de la electrolinera.

5.31.6 Cierre técnico del diseño eléctrico de la electrolinera

El diseño eléctrico de la electrolinera desarrollado en el presente proyecto se ha realizado con base en criterios técnicos internacionalmente aceptados y en concordancia con la normativa ecuatoriana aplicable a instalaciones eléctricas interiores en bajo voltaje.

Dado que en el Ecuador no existe actualmente una normativa específica y exclusiva para el diseño de electrolineras, se ha adoptado como referencia principal la Norma Eléc-

trica Internacional NEC, particularmente el Artículo 625, el cual regula los sistemas de carga de vehículos eléctricos y establece los criterios de clasificación, protección, conductores y condiciones de operación para estaciones de recarga de nivel 2.

La electrolinera ha sido clasificada como una estación de recarga de nivel 2, operando en corriente alterna y considerada como una carga de operación continua. Este criterio ha sido fundamental para la selección de los conductores eléctricos tipo THHN/THWN-2, el dimensionamiento de los dispositivos de protección y la definición de circuitos dedicados, garantizando una operación segura y confiable del sistema.

Asimismo, el sistema de protecciones eléctricas ha sido diseñado para actuar de manera selectiva ante condiciones anormales de operación, limitando la desconexión únicamente al circuito de la electrolinera y evitando afectaciones al resto de la instalación eléctrica del proyecto.

El sistema de puesta a tierra asociado a la electrolinera ha sido integrado al sistema general del proyecto, asegurando continuidad eléctrica, equipotencialidad y una correcta disipación de corrientes de falla, en cumplimiento de los criterios establecidos en la Norma Ecuatoriana de la Construcción para instalaciones eléctricas interiores en bajo voltaje (NEC-SB Instalaciones Eléctricas, 2011).

En consecuencia, el diseño eléctrico de la electrolinera propuesto cumple con los requisitos técnicos y normativos necesarios para su implementación en el contexto ecuatoriano, proporcionando un sistema seguro, confiable y técnicamente sustentado, apto para su ejecución y futura operación dentro del proyecto.

CAPÍTULO 6

ANÁLISIS DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y APORTES DEL ESTUDIO COMPARATIVO NORMATIVO

6.1 Introducción

En los capítulos anteriores se desarrolló el análisis normativo y técnico del diseño eléctrico de instalaciones eléctricas de bajo voltaje, considerando la aplicación de la normativa ecuatoriana vigente y del National Electrical Code en su edición 2023. Dicho análisis fue aplicado a instalaciones residenciales, comerciales y estaciones de carga para vehículos eléctricos, permitiendo establecer criterios de dimensionamiento, protección y seguridad para cada tipología.

Una vez definidos los diseños eléctricos y evaluadas las disposiciones normativas correspondientes, el presente capítulo tiene como finalidad integrar y analizar los resultados obtenidos, con el propósito de identificar las principales diferencias, similitudes y vacíos normativos entre ambos marcos regulatorios. Este análisis se enfoca en el impacto que dichas diferencias generan sobre la seguridad eléctrica, la confiabilidad operativa y el nivel de estandarización del diseño.

El capítulo desarrolla un análisis de resultados para los tres sistemas estudiados, seguido de una discusión técnica sustentada en criterios normativos y de ingeniería. Posteriormente, se presentan tablas comparativas que sintetizan los aspectos más relevantes de cada normativa, las cuales sirven como base para la formulación de conclusiones y recomendaciones orientadas al fortalecimiento del diseño eléctrico de bajo voltaje en el contexto ecuatoriano.

Finalmente, se plantean aportes y líneas de trabajos futuros que permiten ampliar

el alcance del estudio, considerando la evolución del sector eléctrico y la necesidad de adaptar el marco normativo nacional a nuevas tecnologías y demandas energéticas.

6.1.1 Descripción general del análisis comparativo realizado

El análisis comparativo desarrollado en el presente estudio se fundamenta en la aplicación técnica y normativa de dos marcos regulatorios para el diseño de instalaciones eléctricas de bajo voltaje: la normativa ecuatoriana vigente y el *National Electrical Code* en su edición 2023 (NFPA 70). Ambos cuerpos normativos fueron aplicados de manera independiente al diseño eléctrico de instalaciones residenciales, comerciales y estaciones de carga para vehículos eléctricos, con el objetivo de evaluar su alcance técnico, nivel de prescripción normativa y efectos sobre la seguridad, confiabilidad y estandarización del diseño.

En el caso del *National Electrical Code 2023*, el análisis se apoyó en artículos específicos que regulan de forma detallada el diseño de instalaciones eléctricas. Para instalaciones residenciales, se consideraron principalmente los criterios establecidos en el Artículo 210, relacionado con circuitos derivados, donde se definen requerimientos mínimos de toma-corrientes, circuitos independientes y protecciones obligatorias. Asimismo, se analizaron las disposiciones del Artículo 240, referente a la protección contra sobrecorriente, el cual establece los criterios de selección y coordinación de interruptores automáticos en función de la capacidad de los conductores y las condiciones de operación.

De manera complementaria, el estudio incorporó el análisis del Artículo 220, correspondiente al cálculo de cargas eléctricas, donde el NEC establece metodologías específicas para la determinación de la carga por área en edificaciones residenciales, utilizando valores normalizados por unidad de superficie construida. Este enfoque contrasta directamente con la normativa ecuatoriana, en la cual el cálculo de la demanda eléctrica se basa principalmente en la suma directa de cargas instaladas y factores de demanda generales, sin una metodología prescriptiva por área.

Un aspecto clave abordado en el análisis comparativo fue el tratamiento de las cargas continuas, definidas por el NEC como aquellas que operan durante períodos iguales o superiores a tres horas consecutivas, conforme al Artículo 100. Bajo este criterio, el NEC exige que los conductores y dispositivos de protección sean dimensionados al 125% de la corriente nominal para este tipo de cargas, según lo establecido en los Artículos 210.19(A) y 215.2(A). En contraste, la normativa ecuatoriana no contempla de manera explícita esta

diferenciación, aplicando criterios generales de dimensionamiento que no distinguen entre cargas continuas y no continuas.

En materia de protección del usuario, el análisis consideró la obligatoriedad del uso de dispositivos de protección contra fallas a tierra (GFCI) en zonas húmedas y de alto riesgo, conforme al Artículo 210.8 del NEC 2023, así como la implementación de dispositivos de protección contra fallas por arco eléctrico (AFCI) en áreas habitables, de acuerdo con el Artículo 210.12. Estas exigencias reflejan un enfoque preventivo orientado a la reducción de riesgos eléctricos, el cual no se encuentra desarrollado con el mismo nivel de detalle en la normativa ecuatoriana vigente, donde la protección diferencial se aplica de forma general sin una zonificación técnica específica.

Para instalaciones comerciales, el análisis comparativo se centró en la evaluación del cálculo de demanda diversificada, la selectividad de protecciones y la continuidad operativa del sistema eléctrico. El NEC 2023 establece criterios claros para la coordinación de dispositivos de protección, permitiendo que ante una falla eléctrica únicamente se desconecte el circuito afectado, conforme a los lineamientos del Artículo 240. Por su parte, la normativa ecuatoriana establece requerimientos generales de protección, sin exigir de manera explícita estudios de selectividad y coordinación.

En el caso de las estaciones de carga para vehículos eléctricos, el análisis se apoyó en el Artículo 625 del NEC 2023, el cual regula de manera específica los sistemas de carga, clasificándolos según su nivel de tensión y potencia, y estableciendo su consideración obligatoria como cargas continuas. Este artículo define criterios técnicos para el dimensionamiento de conductores, protecciones, sistemas de desconexión y seguridad del usuario. En contraste, la normativa ecuatoriana no dispone de un articulado técnico específico para el diseño eléctrico interno de estaciones de carga, lo que genera un vacío normativo identificado en el presente estudio.

Desde el punto de vista de la representación gráfica, el análisis evidenció que el NEC no impone una simbología única obligatoria para los planos eléctricos, delegando esta responsabilidad al criterio técnico del proyectista, siempre que se garantice la claridad y el cumplimiento normativo. Esta situación es comparable con el contexto ecuatoriano, donde la simbología empleada presenta alta similitud con estándares internacionales, siendo la principal diferencia la aplicación normativa y no la documentación gráfica.

En síntesis, la aplicación comparativa de ambos marcos normativos permitió identificar

fortalezas, limitaciones y oportunidades de mejora en el diseño eléctrico de bajo voltaje en el Ecuador. El NEC 2023 se caracteriza por un enfoque altamente prescriptivo y preventivo, orientado a la protección del usuario y la confiabilidad del sistema, mientras que la normativa ecuatoriana presenta un carácter más general, dependiente del criterio profesional del proyectista. Estas diferencias constituyen la base técnica para el análisis de resultados desarrollado en el apartado siguiente.

6.1.2 Análisis de resultados

El análisis de resultados se fundamenta en la comparación directa de los diseños eléctricos desarrollados bajo la normativa ecuatoriana vigente y el *National Electrical Code* en su edición 2023, aplicados a instalaciones residenciales, comerciales y estaciones de carga para vehículos eléctricos. Este análisis permite evaluar los efectos reales que tiene cada marco normativo sobre el cálculo de cargas, el dimensionamiento de conductores, la selección de dispositivos de protección y la configuración general de los sistemas eléctricos.

Desde el punto de vista del cálculo de cargas eléctricas, los resultados obtenidos evidencian diferencias metodológicas relevantes entre ambos enfoques normativos. En el caso del NEC 2023, el cálculo se basa en procedimientos estandarizados definidos en el Artículo 220, los cuales emplean criterios de carga por área, factores de demanda específicos y consideraciones de simultaneidad. Este método permite obtener resultados más uniformes y comparables entre proyectos de características similares. En contraste, la normativa ecuatoriana emplea un enfoque basado principalmente en la suma de cargas instaladas y factores generales de demanda, lo que introduce una mayor variabilidad en los resultados finales dependiendo del criterio del proyectista.

En relación con el dimensionamiento de conductores y dispositivos de protección, los resultados muestran que la aplicación del NEC 2023 conduce a diseños más conservadores en términos térmicos y operativos. La diferenciación explícita entre cargas continuas y no continuas, conforme a los Artículos 210.19(A) y 215.2(A), obliga a considerar incrementos del 125% en la corriente de diseño para determinadas cargas, lo que se traduce en conductores de mayor sección y protecciones de mayor capacidad. Bajo la normativa ecuatoriana, al no existir una definición explícita de carga continua para instalaciones residenciales y comerciales, los diseños tienden a ajustarse más estrechamente a la corriente nominal calculada.

En cuanto a los sistemas de protección, los resultados evidencian que el NEC 2023 proporciona un nivel de protección superior frente a fallas eléctricas de origen común. La obligatoriedad del uso de dispositivos GFCI y AFCI en zonas específicas incrementa significativamente la seguridad del usuario y reduce el riesgo de electrocución e incendios eléctricos. En la normativa ecuatoriana, la protección diferencial se aplica de manera general, sin una zonificación técnica detallada ni exigencias específicas para la detección de fallas por arco eléctrico, lo que limita su capacidad preventiva.

Para instalaciones comerciales, los resultados reflejan que la aplicación del NEC 2023 favorece una mayor continuidad operativa del sistema eléctrico. La exigencia de coordinación y selectividad de protecciones permite aislar fallas de manera localizada, evitando interrupciones generales del servicio. En la normativa ecuatoriana, al no requerirse de forma explícita estudios de selectividad, el comportamiento del sistema ante fallas depende en gran medida del criterio del diseñador y de la configuración adoptada.

En el caso de las estaciones de carga para vehículos eléctricos, los resultados ponen en evidencia la relevancia de contar con un marco normativo específico. La aplicación del Artículo 625 del NEC 2023 permitió definir criterios claros para el tratamiento de estas instalaciones como cargas continuas, influyendo directamente en el dimensionamiento de conductores, protecciones y sistemas de desconexión. La ausencia de disposiciones equivalentes en la normativa ecuatoriana genera incertidumbre técnica y limita la estandarización del diseño de este tipo de infraestructura.

En términos generales, los resultados obtenidos demuestran que la aplicación del NEC 2023 conduce a sistemas eléctricos con mayores márgenes de seguridad, mejor desempeño frente a fallas y una mayor estandarización del diseño. Por su parte, la normativa ecuatoriana ofrece mayor flexibilidad, pero depende en mayor medida del criterio profesional del proyectista. Estos resultados constituyen la base para la discusión técnica presentada en el apartado siguiente.

6.1.3 Discusión de resultados

La discusión de resultados se centra en la interpretación técnica de las diferencias identificadas entre la normativa ecuatoriana vigente y el *National Electrical Code 2023*, a partir de su aplicación práctica en el diseño eléctrico de instalaciones residenciales, comerciales y estaciones de carga para vehículos eléctricos. Los resultados obtenidos permiten analizar

no solo el desempeño técnico de cada marco normativo, sino también su pertinencia y viabilidad dentro del contexto ecuatoriano.

En el ámbito residencial, la discusión evidencia que el enfoque metodológico del NEC 2023 proporciona un mayor nivel de estandarización en el cálculo de cargas y la configuración de circuitos. El uso de criterios normalizados por área y la definición explícita de circuitos independientes reducen la variabilidad entre proyectos y limitan la dependencia del criterio individual del proyectista. En contraste, la normativa ecuatoriana ofrece mayor flexibilidad en el diseño, lo que puede resultar adecuado para contextos locales específicos, pero también puede generar disparidades técnicas entre instalaciones de características similares.

Desde el punto de vista de la seguridad eléctrica, los resultados muestran que la incorporación obligatoria de dispositivos AFCI y GFCI en el NEC 2023 representa una diferencia sustancial respecto a la normativa ecuatoriana. Esta diferencia no responde únicamente a un mayor nivel de exigencia normativa, sino a una filosofía preventiva orientada a la mitigación de riesgos antes de que se materialicen en fallas graves. En el contexto ecuatoriano, la ausencia de una zonificación técnica detallada para este tipo de protecciones limita la capacidad del sistema eléctrico para responder de manera anticipada a fallas comunes en instalaciones de uso cotidiano.

En instalaciones comerciales, la discusión pone en evidencia que los criterios de selectividad y coordinación de protecciones establecidos en el NEC 2023 contribuyen de manera directa a la continuidad operativa del sistema eléctrico. Este aspecto resulta especialmente relevante en actividades comerciales, donde una interrupción general del suministro puede generar pérdidas económicas significativas. La normativa ecuatoriana, al no exigir explícitamente estudios de selectividad, deja este aspecto sujeto al criterio del diseñador, lo que puede derivar en soluciones técnicas con distintos niveles de confiabilidad.

En el caso de las estaciones de carga para vehículos eléctricos, la discusión resalta la importancia de contar con un marco normativo específico que reconozca las particularidades de este tipo de instalaciones. La aplicación del Artículo 625 del NEC 2023 permite abordar de forma estructurada aspectos críticos como la consideración de cargas continuas, la seguridad del usuario y la compatibilidad con la red de distribución. La ausencia de disposiciones equivalentes en la normativa ecuatoriana representa una limitación técnica frente al crecimiento proyectado de la movilidad eléctrica en el país.

Desde una perspectiva de adaptación normativa, los resultados y su discusión sugieren que la aplicación del NEC 2023 en el Ecuador no debe interpretarse como una sustitución del marco regulatorio nacional, sino como una referencia técnica complementaria. La adopción progresiva de criterios específicos del NEC, particularmente aquellos relacionados con seguridad, protección del usuario y cargas especiales, podría fortalecer el diseño eléctrico nacional sin perder la flexibilidad necesaria para responder a las condiciones locales.

En síntesis, la discusión de resultados evidencia que las diferencias entre ambos marcos normativos responden a enfoques regulatorios distintos: uno altamente prescriptivo y preventivo, y otro más general y flexible. Comprender estas diferencias permite identificar oportunidades de mejora y adaptación normativa orientadas a elevar los estándares de seguridad, confiabilidad y sostenibilidad del diseño eléctrico de bajo voltaje en el Ecuador.

6.1.4 Comparación técnica normativa en instalaciones residenciales

La comparación técnica normativa en instalaciones residenciales evidencia diferencias sustanciales entre el enfoque adoptado por el *National Electrical Code 2023* y la normativa ecuatoriana vigente. Estas diferencias no se limitan a aspectos puntuales de diseño, sino que responden a filosofías regulatorias distintas en cuanto a seguridad, estandarización, protección del usuario y previsión del crecimiento futuro de las instalaciones.

El NEC 2023 aborda el diseño residencial desde una perspectiva preventiva, estableciendo criterios técnicos obligatorios que buscan minimizar riesgos eléctricos antes de que estos se materialicen. Por su parte, la normativa ecuatoriana prioriza el cumplimiento de condiciones mínimas de seguridad y operación, delegando varios aspectos del diseño al criterio profesional del proyectista. Esta diferencia conceptual se refleja directamente en la forma en que se calculan las cargas, se dimensionan los conductores, se seleccionan las protecciones y se estructura la distribución de circuitos en la vivienda.

Tabla 6.1: Comparación técnica normativa entre el NEC 2023 y la normativa ecuatoriana en instalaciones residenciales

Criterio técnico	NEC 2023 (NFPA 70)	Normativa ecuatoriana
Filosofía de diseño	Preventiva y prescriptiva	Correctiva y general
Base normativa principal	Código técnico integral con artículos específicos	Regulaciones AR-CONEL, normativa INEN y lineamientos de distribuidora
Metodología de cálculo de cargas	Cálculo normado por área y cargas específicas (Art. 220)	Suma de cargas instaladas y factores generales
Consideración de cargas continuas	Definición explícita y aplicación del 125% (Art. 100, 210.19)	No definida explícitamente
Número mínimo de circuitos derivados	Establecido obligatoriamente (Art. 210)	No definido
Separación de circuitos por uso	Exigida (iluminación, tomacorrientes, cargas especiales)	No especificada
Protección contra fallas a tierra (GFCI)	Obligatoria por zonas húmedas y de riesgo	Protección diferencial general
Protección contra fallas por arco eléctrico (AFCI)	Obligatoria en áreas habitables	No contemplada
Protección contra sobrecorriente	Coordinada según Art. 240	Criterios generales
Criterio de caída de tensión	Recomendación explícita del 3% y 5%	No especificada
Sistemas de puesta a tierra	Métodos, electrodos y calibres definidos (Art. 250)	Lineamientos generales
Identificación y rotulación	Exigida en tableros y circuitos	No normada explícitamente
Preparación para crecimiento futuro	Considerada en el diseño	No considerada
Nivel de estandarización del diseño	Alto	Medio
Dependencia del criterio del proyectista	Baja	Alta
Enfoque de seguridad del usuario	Protección activa y preventiva	Protección básica

6.1.5 Discusión técnica del análisis comparativo en instalaciones residenciales

El análisis comparativo desarrollado para las instalaciones residenciales evidencia diferencias sustanciales entre el enfoque normativo del *National Electrical Code* en su edición 2023 y la normativa ecuatoriana vigente aplicable a instalaciones de bajo voltaje. Estas diferencias no se limitan a aspectos formales, sino que influyen directamente en los criterios de diseño, seguridad del usuario y confiabilidad del sistema eléctrico.

Desde la filosofía de diseño, el NEC 2023 adopta un enfoque preventivo y altamente prescriptivo, estableciendo requisitos técnicos específicos para cada etapa del diseño eléctrico residencial. Este enfoque se refleja en la definición explícita del número mínimo de circuitos derivados, la separación obligatoria de circuitos por tipo de uso y la aplicación diferenciada de protecciones según el riesgo del entorno. En contraste, la normativa ecuatoriana presenta un carácter más general y correctivo, delegando una mayor responsabilidad al criterio profesional del proyectista.

En el cálculo de cargas, el NEC 2023 introduce metodologías normalizadas basadas en áreas y cargas específicas, conforme al Artículo 220, lo que permite una estimación más uniforme y repetible de la demanda eléctrica. Adicionalmente, el código estadounidense define de manera explícita el concepto de carga continua y exige la aplicación del factor del 125% para el dimensionamiento de conductores y dispositivos de protección, según los Artículos 100, 210.19(A) y 215.2(A). Este criterio no se encuentra claramente definido en la normativa ecuatoriana, donde el cálculo de cargas se basa principalmente en la suma de cargas instaladas y factores generales de demanda.

En materia de protección del usuario, el NEC 2023 establece de forma obligatoria el uso de dispositivos de protección diferencial contra fallas a tierra (GFCI) en zonas húmedas y de riesgo, así como la implementación de dispositivos contra fallas por arco eléctrico (AFCI) en áreas habitables, conforme al Artículo 210. Estas protecciones no se encuentran contempladas de manera explícita en la normativa ecuatoriana, donde la protección diferencial se aplica de forma general, sin una zonificación técnica detallada ni requerimientos específicos para la mitigación de fallas por arco.

Respecto a la coordinación y protección contra sobrecorriente, el NEC 2023 define criterios claros para la selección y coordinación de interruptores automáticos, de acuerdo con el Artículo 240, promoviendo la selectividad y reduciendo la probabilidad de desconexiones innecesarias. En el contexto ecuatoriano, estos criterios se abordan de manera general,

sin exigir estudios específicos de coordinación y selectividad en instalaciones residenciales.

En cuanto a la calidad del suministro, el NEC 2023 recomienda de forma explícita límites máximos de caída de tensión del 3% para circuitos derivados y del 5% para el sistema total, lo que contribuye a un mejor desempeño de los equipos y mayor eficiencia energética. Este criterio no se encuentra normado explícitamente en la regulación ecuatoriana, quedando nuevamente sujeto al criterio del proyectista.

Finalmente, el análisis evidencia que el NEC 2023 incorpora de manera sistemática la preparación para crecimiento futuro y la estandarización del diseño, reduciendo la dependencia del criterio individual del profesional. En cambio, la normativa ecuatoriana, al no definir estos aspectos de forma detallada, puede generar disparidades técnicas entre proyectos similares, afectando la uniformidad y la seguridad a largo plazo de las instalaciones residenciales.

En síntesis, el enfoque normativo del NEC 2023 proporciona un marco técnico más detallado y preventivo para el diseño eléctrico residencial, mientras que la normativa ecuatoriana presenta un carácter más flexible y general, lo que refuerza la necesidad de armonización normativa y adopción de criterios técnicos más prescriptivos en el contexto nacional.

6.1.6 Comparación técnica normativa en instalaciones comerciales

La comparación técnica normativa en instalaciones comerciales evidencia diferencias aún más marcadas entre el enfoque adoptado por el *National Electrical Code* 2023 y la normativa ecuatoriana vigente, debido a la mayor complejidad operativa, diversidad de cargas, requerimientos de continuidad del servicio y niveles de riesgo asociados a este tipo de edificaciones.

Mientras el NEC 2023 establece criterios específicos y prescriptivos para el diseño de instalaciones comerciales, orientados a garantizar seguridad, confiabilidad y continuidad operativa, la normativa ecuatoriana presenta un enfoque más general, centrado en condiciones mínimas de operación y seguridad, delegando gran parte de las decisiones técnicas al criterio del proyectista.

Tabla 6.2: Comparación técnica normativa entre el NEC 2023 y la normativa ecuatoriana en instalaciones comerciales

Criterio técnico	NEC 2023 (NFPA 70)	Normativa ecuatoriana
Filosofía de diseño	Preventiva, prescriptiva y orientada a continuidad operativa	General y correctiva
Base normativa principal	Código técnico integral con artículos específicos	Regulaciones AR-CONEL, normativa INEN y lineamientos de distribuidora
Metodología de cálculo de demanda	Metodología definida por tipo de ocupación y uso (Art. 220)	Criterios generales de demanda
Clasificación de cargas	Clasificación detallada por tipo y función	No clasificada explícitamente
Consideración de cargas continuas	Definición explícita y aplicación del 125% (Art. 100, 210.19, 215.2)	No definida explícitamente
Separación de circuitos por función	Exigida (iluminación, fuerza, cargas críticas)	No especificada
Selectividad y coordinación de protecciones	Exigida y verificable (Art. 240)	No exigida explícitamente
Protección contra sobrecorriente	Coordinada por niveles jerárquicos	Criterios generales
Protección diferencial (GFCI)	Exigida en áreas específicas de riesgo	Aplicación general
Protección contra arco eléctrico (AFCI)	Aplicable en áreas definidas	No contemplada
Continuidad operativa	Considerada como criterio de diseño	No normada
Espacios de trabajo y mantenimiento	Dimensiones mínimas obligatorias (Art. 110)	Referenciales
Caída de tensión	Recomendación explícita del 3% y 5%	No especificada
Sistemas de puesta a tierra	Métodos y calibres definidos (Art. 250)	Lineamientos generales
Identificación y rotulación	Exigida en tableros y circuitos 147	No normada explícitamente
Preparación para crecimiento futuro	Considerada obligatoriamente	No considerada
Nivel de estandarización	Alto	Medio

6.1.7 Discusión técnica del análisis comparativo en instalaciones comerciales

El análisis comparativo aplicado a las instalaciones comerciales evidencia diferencias técnicas significativas entre el enfoque normativo del *National Electrical Code 2023* y la normativa ecuatoriana vigente, diferencias que adquieren mayor relevancia debido a la criticidad operativa y al impacto económico asociado a este tipo de edificaciones.

En el ámbito del cálculo de la demanda eléctrica, el NEC 2023 establece metodologías claramente definidas en el Artículo 220, considerando factores de demanda según el tipo de ocupación, simultaneidad de cargas y características funcionales del edificio. Este enfoque permite una estimación más precisa y uniforme de la demanda real del sistema eléctrico. En contraste, la normativa ecuatoriana se basa en criterios generales de cálculo, sin una diferenciación detallada por tipo de uso, lo que puede generar variabilidad técnica entre proyectos comerciales similares.

La consideración de cargas continuas constituye otro aspecto crítico del análisis. El NEC 2023 define explícitamente las cargas continuas como aquellas que operan por períodos superiores a tres horas, exigiendo la aplicación del factor del 125% para el dimensionamiento de conductores y dispositivos de protección, conforme a los Artículos 100, 210.19 y 215.2. Este criterio resulta especialmente relevante en instalaciones comerciales con iluminación permanente, sistemas de climatización y equipos críticos. Dicho enfoque no se encuentra claramente definido en la normativa ecuatoriana, donde este tipo de cargas no recibe un tratamiento normativo específico.

En cuanto a la selectividad y coordinación de protecciones, el NEC 2023 exige el cumplimiento de criterios técnicos verificables establecidos en el Artículo 240, garantizando que una falla eléctrica afecte únicamente al circuito comprometido, sin provocar interrupciones generalizadas. En la normativa ecuatoriana, si bien se establecen requisitos generales de protección contra sobrecorriente, no se exige de forma explícita la realización de estudios de selectividad y coordinación, lo que incrementa el riesgo de desconexiones no deseadas en sistemas comerciales.

La continuidad operativa del sistema eléctrico es abordada de manera explícita por el NEC 2023 como un criterio de diseño, incorporando la separación funcional de circuitos, espacios mínimos para mantenimiento y accesibilidad a equipos eléctricos, conforme a los Artículos 110 y 408. Estos aspectos resultan fundamentales para reducir tiempos de indisponibilidad y facilitar labores de operación y mantenimiento. En contraste, la

normativa ecuatoriana no establece requerimientos específicos orientados a la continuidad del servicio, limitándose a condiciones generales de instalación.

Respecto a la calidad del suministro, el NEC 2023 recomienda límites máximos de caída de tensión del 3% para circuitos derivados y del 5% para el sistema total, promoviendo un mejor desempeño de los equipos y mayor eficiencia energética. Este criterio no se encuentra normado explícitamente en la regulación ecuatoriana, quedando nuevamente sujeto al criterio del proyectista.

Finalmente, el análisis evidencia que el NEC 2023 promueve una alta estandarización del diseño comercial y una menor dependencia del criterio individual del proyectista, mientras que la normativa ecuatoriana, al carecer de lineamientos técnicos detallados, puede generar disparidades significativas entre proyectos similares. Esta diferencia refuerza la necesidad de armonización normativa y adopción de criterios técnicos más prescriptivos para instalaciones comerciales en el contexto ecuatoriano.

6.1.8 Aplicación de sistemas de carga para vehículos eléctricos de nivel 2

El análisis normativo aplicado al diseño de estaciones de carga para vehículos eléctricos evidencia una diferencia estructural entre el marco regulatorio establecido en el *National Electrical Code* 2023 y la normativa ecuatoriana vigente. A diferencia de los casos residencial y comercial, en el contexto ecuatoriano no existe una normativa técnica específica que regule de forma integral el diseño eléctrico interno de las electrolineras, lo que obliga a adoptar criterios de referencia internacional y realizar procesos de adaptación normativa al contexto nacional.

En este estudio, el NEC 2023 fue utilizado como marco técnico principal para el diseño de las estaciones de carga, mientras que la normativa ecuatoriana fue considerada como un marco regulatorio general, enfocado principalmente en la seguridad del suministro, la protección del usuario y la compatibilidad con la red de distribución.

Tabla 6.3: Análisis normativo aplicado al diseño de estaciones de carga para vehículos eléctricos

Criterio técnico	NEC 2023 (NFPA 70)	Normativa ecuatoriana
Marco normativo específico	Artículo exclusivo para EVSE (Art. 625)	No existe normativa específica
Clasificación de estaciones de carga	Definida por nivel de tensión y potencia	No clasificada
Consideración como carga continua	Obligatoria (Art. 625, Art. 100)	No especificada
Factor de dimensionamiento	Aplicación del 125%	No definido explícitamente
Protección contra fallas a tierra	Exigida y específica para EVSE	Protección diferencial general
Desconexión de emergencia	Obligatoria y claramente definida	No normada
Coordinación de protecciones	Exigida conforme Art. 240	No exigida explícitamente
Impacto sobre la red eléctrica	Regulación técnica del punto de conexión	Regulada por distribuidora
Sistemas de puesta a tierra	Métodos y criterios definidos (Art. 250)	Lineamientos generales
Identificación y señalización	Exigida para seguridad del usuario	No normada explícitamente
Nivel de estandarización	Alto	Bajo
Dependencia del criterio del proyectista	Baja	Alta
Enfoque de seguridad del usuario	Preventivo y específico	General

6.1.9 Discusión técnica del análisis normativo en estaciones de carga

El análisis desarrollado para estaciones de carga para vehículos eléctricos pone en evidencia un vacío normativo en el contexto ecuatoriano, en contraste con el enfoque altamente estructurado y prescriptivo adoptado por el NEC 2023. Este vacío no implica la inexistencia de regulaciones, sino la ausencia de un articulado técnico específico que regule el

diseño eléctrico interno de las electrolinerías.

El NEC 2023, a través del Artículo 625, establece criterios técnicos claros para la clasificación, dimensionamiento y protección de los sistemas de carga para vehículos eléctricos, considerando a estos sistemas como cargas especiales y continuas. Esta clasificación obliga a aplicar factores de sobredimensionamiento del 125% en conductores y dispositivos de protección, lo cual resulta fundamental debido a los largos periodos de operación y a la elevada potencia demandada por los equipos EVSE.

En el contexto ecuatoriano, si bien existen regulaciones relacionadas con la seguridad del suministro eléctrico, la calidad del servicio y las condiciones de conexión a la red de distribución, estas se enfocan principalmente en el punto de acometida y no en el diseño eléctrico interno de la estación de carga. Como resultado, aspectos críticos como la consideración de cargas continuas, la coordinación de protecciones, la desconexión de emergencia y la zonificación de riesgos quedan sujetos al criterio técnico del proyectista.

La ausencia de una normativa específica obliga a adoptar estándares internacionales como referencia técnica, siendo el NEC 2023 una herramienta idónea debido a su enfoque preventivo, su alto nivel de estandarización y su reconocimiento internacional. En este estudio, los criterios del NEC fueron adaptados al contexto ecuatoriano, respetando las disposiciones de la empresa distribuidora y las regulaciones nacionales vigentes, garantizando la compatibilidad con la red y la seguridad del usuario.

Desde el punto de vista de la documentación técnica y simbología, el análisis evidenció que el NEC 2023 no impone una simbología gráfica obligatoria, delegando esta responsabilidad al criterio del proyectista, siempre que se garantice claridad, identificación y cumplimiento normativo. Esta situación es comparable al contexto ecuatoriano, donde la simbología utilizada presenta alta similitud con estándares internacionales, siendo la principal diferencia la aplicación normativa y no la representación gráfica.

En síntesis, el diseño de estaciones de carga para vehículos eléctricos en el Ecuador requiere actualmente un enfoque híbrido, basado en la adopción de normas internacionales como el NEC 2023 y su adaptación al marco regulatorio nacional. Este escenario evidencia la necesidad de desarrollar una normativa técnica específica que permita estandarizar criterios de diseño, mejorar la seguridad eléctrica y facilitar la integración de la movilidad eléctrica en el país.

6.1.10 Análisis global de resultados normativos en instalaciones residenciales, comerciales y estaciones de carga

El análisis integral de los resultados obtenidos a partir de la comparación normativa aplicada a instalaciones residenciales, comerciales y estaciones de carga para vehículos eléctricos permite identificar patrones comunes, diferencias estructurales y vacíos normativos relevantes dentro del contexto ecuatoriano. Estos resultados evidencian que las divergencias entre el *National Electrical Code 2023* y la normativa ecuatoriana vigente responden principalmente a enfoques regulatorios distintos, más que a criterios técnicos incompatibles.

En los tres casos analizados, el NEC 2023 presenta un enfoque preventivo, prescriptivo y altamente estandarizado, caracterizado por la definición explícita de metodologías de cálculo, criterios de dimensionamiento, selección de protecciones y consideraciones de seguridad del usuario. Este enfoque se traduce en diseños eléctricos más uniformes, con menor dependencia del criterio individual del proyectista y con una mayor previsión frente a escenarios de crecimiento futuro y operación continua.

Por el contrario, la normativa ecuatoriana se orienta a establecer condiciones generales de seguridad y operación, dejando amplios márgenes de decisión técnica al profesional responsable del diseño. Esta característica se manifiesta de forma consistente en los tres tipos de instalaciones, particularmente en la ausencia de criterios explícitos para la clasificación de cargas, la consideración de cargas continuas, la coordinación de protecciones y la zonificación detallada de riesgos eléctricos.

En el caso de las instalaciones residenciales, los resultados muestran que la principal diferencia radica en el nivel de protección activa del usuario, destacándose la obligatoriedad de dispositivos AFCI y GFCI en el NEC 2023 frente a la aplicación general de protecciones diferenciales en el contexto ecuatoriano. En instalaciones comerciales, las diferencias se acentúan en aspectos relacionados con la continuidad operativa, la selectividad de protecciones y la separación funcional de circuitos, elementos clave para reducir interrupciones y pérdidas económicas. Para las estaciones de carga para vehículos eléctricos, el análisis evidencia un vacío normativo en el Ecuador, que obliga a adoptar el NEC 2023 como marco técnico de referencia y adaptarlo a las condiciones locales.

Un aspecto común identificado en los tres casos es que la normativa ecuatoriana no establece límites explícitos para la caída de tensión ni criterios obligatorios de preparación

para crecimiento futuro, lo que puede afectar la eficiencia energética, la confiabilidad del sistema y la vida útil de los equipos eléctricos. En contraste, el NEC 2023 incorpora estos criterios como recomendaciones técnicas fundamentales para garantizar un desempeño adecuado del sistema eléctrico.

En términos generales, los resultados globales indican que la aplicación de criterios del NEC 2023 en el contexto ecuatoriano no implica un conflicto normativo, sino una oportunidad de fortalecimiento técnico. La adaptación progresiva de estos criterios permitiría elevar los estándares de seguridad, confiabilidad y sostenibilidad del diseño eléctrico de bajo voltaje, manteniendo la flexibilidad necesaria para responder a las particularidades del entorno nacional.

Este análisis global constituye la base técnica para el desarrollo de conclusiones y recomendaciones orientadas a la mejora del marco normativo y de las prácticas de diseño eléctrico en el Ecuador.

6.2 Conclusiones

El desarrollo de la presente tesis permitió realizar un análisis comparativo técnico y normativo entre el *National Electrical Code* en su edición 2023 y la normativa ecuatoriana vigente, aplicado al diseño de instalaciones eléctricas de bajo voltaje en los ámbitos residencial, comercial y estaciones de carga para vehículos eléctricos. A partir de este análisis, se obtuvieron conclusiones relevantes que evidencian la utilidad del NEC 2023 como norma técnica de referencia para fortalecer el diseño eléctrico en el contexto ecuatoriano.

En el ámbito de las instalaciones residenciales, se concluye que el NEC 2023 presenta un enfoque claramente preventivo, orientado a la protección de la vida humana y a la reducción de riesgos asociados a incendios y accidentes eléctricos. La obligatoriedad de dispositivos de protección contra fallas a tierra y fallas por arco eléctrico, así como la definición de criterios claros para el cálculo de cargas, el dimensionamiento de circuitos y el control de la caída de tensión, proporcionan un nivel de detalle superior al contemplado en la normativa ecuatoriana actual. En consecuencia, la adopción progresiva de estos criterios permitiría elevar significativamente los niveles de seguridad, confiabilidad y calidad de las instalaciones residenciales en el Ecuador.

Respecto a las instalaciones comerciales, el análisis evidenció que el NEC 2023 incorpora criterios avanzados relacionados con la continuidad operativa del servicio, la selectividad y coordinación de protecciones, y la organización funcional de los circuitos eléctricos. Estos aspectos resultan fundamentales en entornos donde las fallas eléctricas pueden generar impactos económicos directos y afectar la operación de los establecimientos. En contraste, la normativa ecuatoriana prioriza aspectos asociados al suministro y la regulación del servicio eléctrico, dejando el diseño interno sujeto al criterio del proyectista. Por lo tanto, se concluye que el uso del NEC 2023 como referencia técnica contribuye a optimizar el diseño eléctrico comercial y a reducir riesgos operativos y económicos.

En el caso de las estaciones de carga para vehículos eléctricos, se identificó un vacío normativo a nivel nacional, debido a la inexistencia de un código técnico específico que regule de manera detallada el diseño eléctrico interno de este tipo de infraestructuras. Frente a este escenario, el NEC 2023 se presenta como un marco normativo sólido, actualizado y técnicamente consistente, capaz de establecer criterios claros para el dimensionamiento de conductores, la protección del usuario, la integración con la red eléctrica y la operación segura de las electrolineras. Su adopción como norma técnica de referencia resulta fundamental para garantizar la seguridad y sostenibilidad del desarrollo de la movilidad eléctrica en el país.

El análisis de impactos desarrollado en esta investigación permitió concluir que la aplicación de criterios del NEC 2023 genera beneficios significativos en los ámbitos social, económico, técnico y ambiental. Desde la perspectiva social, contribuye a la reducción de accidentes eléctricos y al fortalecimiento de la cultura de seguridad. En el ámbito económico, favorece la optimización de inversiones y la disminución de costos asociados a fallas recurrentes y mantenimiento correctivo. A nivel técnico y profesional, proporciona una base sólida para la estandarización del diseño eléctrico y el fortalecimiento de la formación de ingenieros con criterios alineados a estándares internacionales. Finalmente, desde la perspectiva ambiental, promueve un uso más eficiente de la energía y facilita la transición hacia sistemas de transporte más sostenibles.

En conjunto, se concluye que el NEC 2023 no debe interpretarse como un sustituto de la normativa ecuatoriana vigente, sino como un complemento técnico de alto valor que puede ser adoptado de manera progresiva como norma de referencia. Su aplicación permite fortalecer la seguridad eléctrica, mejorar la calidad de las instalaciones de bajo voltaje y responder de forma adecuada a los desafíos tecnológicos y energéticos actuales del Ecuador.

Finalmente, los resultados obtenidos en esta investigación aportan una base técnica sólida para el desarrollo de futuros estudios y para la formulación de normativas específicas que incorporen estándares internacionales, contribuyendo al desarrollo de un sistema eléctrico más seguro, confiable y sostenible.

6.3 Recomendaciones

Con base en el análisis comparativo normativo desarrollado en la presente investigación, y considerando los resultados obtenidos en instalaciones residenciales, comerciales y estaciones de carga para vehículos eléctricos, se formulan las siguientes recomendaciones orientadas a fortalecer el diseño eléctrico de bajo voltaje en el Ecuador desde una perspectiva técnica, normativa y de seguridad.

Se recomienda adoptar el *National Electrical Code* en su edición 2023 como norma técnica de referencia para el diseño eléctrico de instalaciones de bajo voltaje, especialmente en aquellos aspectos que no se encuentran desarrollados de forma detallada en la normativa ecuatoriana vigente. Esta adopción debe entenderse como un complemento técnico que permita elevar el nivel de estandarización, reducir ambigüedades normativas y mejorar la protección del usuario final.

En el ámbito de las instalaciones residenciales, se recomienda incorporar criterios preventivos alineados con los Artículos 210, 220, 240 y 250 del NEC 2023, relacionados con la definición obligatoria de circuitos derivados, la metodología de cálculo de cargas, la coordinación de protecciones y los sistemas de puesta a tierra. Asimismo, resulta fundamental considerar la aplicación explícita del concepto de carga continua y el uso del factor de sobredimensionamiento del 125% para conductores y dispositivos de protección, conforme a los Artículos 100 y 210.19, con el fin de mejorar la seguridad y confiabilidad de las instalaciones.

Se recomienda, además, evaluar la incorporación progresiva de dispositivos de protección contra fallas a tierra y fallas por arco eléctrico, conforme a los lineamientos establecidos en el Artículo 210 del NEC 2023. Estas protecciones representan una medida efectiva para la reducción de accidentes eléctricos e incendios en viviendas, especialmente en áreas de uso frecuente y zonas de riesgo.

Para las instalaciones comerciales, se recomienda fortalecer los criterios normativos asociados a la continuidad operativa, la selectividad y coordinación de protecciones, y la separación funcional de circuitos, tomando como referencia los Artículos 220 y 240 del NEC 2023. La aplicación de estos criterios permitiría minimizar interrupciones del servicio eléctrico, reducir impactos económicos derivados de fallas y mejorar la confiabilidad de los sistemas eléctricos comerciales.

En relación con las estaciones de carga para vehículos eléctricos, se recomienda el desarrollo de un marco normativo técnico específico a nivel nacional que regule el diseño eléctrico interno de este tipo de infraestructuras. Mientras dicho marco no exista, se sugiere adoptar como referencia técnica el Artículo 625 del NEC 2023, el cual establece criterios claros para el dimensionamiento de conductores, protecciones, sistemas de desconexión y seguridad del usuario, garantizando una implementación segura y compatible con la red eléctrica existente.

Finalmente, se recomienda fomentar procesos de capacitación técnica continua dirigidos a profesionales del sector eléctrico, orientados al dominio de normas internacionales actualizadas y a su correcta aplicación en el contexto ecuatoriano. Esta estrategia permitiría fortalecer la calidad de los proyectos eléctricos, mejorar la toma de decisiones técnicas y contribuir a la modernización del sector eléctrico nacional.

6.4 Líneas de proyección profesional y desarrollo futuro

Los resultados obtenidos en la presente investigación no solo aportan a nivel técnico y normativo, sino que también abren un conjunto de oportunidades de proyección profesional y desarrollo académico para el autor, en un contexto marcado por la globalización del ejercicio de la ingeniería y la adopción de estándares internacionales.

El dominio y aplicación del *National Electrical Code* en su edición 2023 permite al profesional ecuatoriano alinearse con normativas ampliamente utilizadas a nivel internacional, particularmente en los Estados Unidos. Este conocimiento técnico especializado facilita la movilidad académica y profesional, así como la posibilidad de participar en proyectos eléctricos de mayor complejidad, alcance y remuneración, tanto a nivel regional como internacional.

La formación adquirida durante el desarrollo de esta tesis, respaldada por la acreditación universitaria correspondiente, constituye una base sólida para la validación y reconocimiento del título profesional en el extranjero. En este contexto, el conocimiento de normativas internacionales, junto con el fortalecimiento de competencias técnicas y comunicativas, amplía las oportunidades de inserción laboral en mercados donde la demanda de ingenieros eléctricos especializados es significativamente mayor.

Asimismo, la aplicación de estándares internacionales en el diseño eléctrico permite acceder a proyectos con mayores exigencias técnicas, mejor estructurados y con mejores condiciones económicas, especialmente en áreas emergentes como la movilidad eléctrica, la eficiencia energética y las infraestructuras eléctricas modernas. Estos proyectos representan una oportunidad de crecimiento profesional y económico, así como una plataforma para la transferencia de conocimiento hacia el contexto nacional.

Desde una perspectiva de desarrollo personal y profesional, la posibilidad de interactuar con nuevas culturas, metodologías de trabajo y entornos normativos fortalece la capacidad de adaptación del ingeniero, mejora su criterio técnico y amplía su visión sobre el ejercicio de la profesión. Esta experiencia resulta fundamental para contribuir, a mediano y largo plazo, al fortalecimiento del sector eléctrico ecuatoriano mediante la incorporación de buenas prácticas internacionales.

Finalmente, el presente estudio sienta las bases para que el autor continúe su desarrollo profesional en áreas relacionadas con el diseño eléctrico normativo, la consultoría técnica especializada y la participación en proyectos internacionales, consolidando un perfil profesional competitivo, actualizado y alineado con los estándares globales de la ingeniería eléctrica.

6.5 Trabajos futuros

A partir del análisis normativo y técnico desarrollado en la presente investigación, se identifican diversos trabajos futuros que pueden ser abordados como continuación y profundización del estudio realizado:

1. Desarrollo de una propuesta de normativa técnica nacional para estaciones de carga de vehículos eléctricos, basada en el Artículo 625 del NEC 2023 y adaptada a las

condiciones del sistema eléctrico ecuatoriano.

2. Análisis comparativo del impacto económico del uso del NEC 2023 frente a la normativa ecuatoriana en proyectos residenciales y comerciales, considerando costos de instalación, mantenimiento y ciclo de vida.
3. Evaluación del desempeño de dispositivos de protección GFCI y AFCI en instalaciones residenciales ecuatorianas, analizando su impacto en la reducción de accidentes eléctricos e incendios.
4. Estudio de la coordinación y selectividad de protecciones en instalaciones comerciales de bajo voltaje, aplicando criterios del Artículo 240 del NEC 2023.
5. Análisis de la calidad del suministro eléctrico y la caída de tensión en instalaciones de alta densidad de carga, especialmente en edificaciones comerciales y estaciones de carga de nivel 2.
6. Integración de sistemas de carga para vehículos eléctricos con fuentes de energía renovable y sistemas de almacenamiento, evaluando su compatibilidad normativa y técnica.
7. Evaluación del impacto de la movilidad eléctrica sobre redes de distribución urbanas, considerando escenarios de crecimiento de estaciones de carga.
8. Desarrollo de guías técnicas de diseño eléctrico basadas en estándares internacionales, orientadas a profesionales del sector eléctrico en el Ecuador.
9. Estudios orientados a la armonización normativa entre regulaciones ecuatorianas y estándares internacionales, con el fin de mejorar la seguridad, estandarización y confiabilidad del diseño eléctrico nacional.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] G. T. Cole, “Does NFPA 70 (NEC) and NFPA 70E add electrical safety value to electric utilities?” *Proceedings of the IEEE IAS Electrical Safety Workshop*, IEEE, USA, 2024. doi: <https://doi.org/10.1109/ESW52258.2024.10752770>
- [2] National Fire Protection Association (NFPA), *National Electrical Code (NEC)*, NFPA 70, Quincy, MA, USA, 2023.
- [3] B. Rener and J. Clatanoff, “Four areas that affect electrical safety in electrical power systems,” *Consulting-Specifying Engineer*, vol. 61, no. 2, pp. 47–53, 2024.
- [4] A. A. Shenoy, C. Miller and M. Thiele, “Cable sizing flowchart – a tool to help reinforce the state of electrical engineering workforce,” *Proceedings of the IEEE Petroleum and Chemical Industry Conference (PCIC)*, IEEE, 2023, pp. 125–132. doi: <https://doi.org/10.1109/PCIC43643.2023.10414319>
- [5] G. P. Bierals, *The NEC and You Perfect Together: A Comprehensive Study of the National Electrical Code*, Bierals Publications, USA, 2021.
- [6] N. Kostic, N. Hadziefendic and M. Kostic, “An improved methodology for periodic verifications of low-voltage electrical installations,” *Electrical Engineering*, vol. 107, no. 6, pp. 6985–6996, 2025. doi: <https://doi.org/10.1007/s00202-024-02904-9>
- [7] I. Sánchez-Loor and M. Ayala-Chauvin, “Modeling of electric vehicle energy demand: A big data approach to energy planning,” *Energies*, vol. 18, no. 20, p. 5429, 2025. doi: <https://doi.org/10.3390/en18205429>
- [8] A. Villamarín-Jácome et al., “Deploying renewable energy sources and energy storage systems for achieving low-carbon emissions targets in hydro-dominated power systems: A case study of Ecuador,” *Renewable Energy*, vol. 241, p. 122198, 2025. doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.122198>

- [9] Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL), *Regulación ARCONEL 009/2024: Reglamento de Suministro y Uso de Energía Eléctrica*, Quito, Ecuador, 2024. Disponible en: <https://www.arconel.gob.ec>
- [10] Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), *Código Eléctrico Ecuatoriano CEE-INEN*, Quito, Ecuador, 2002.
- [11] I. Bermeo et al., “Technical and economic feasibility study of a solar plant on a commercial surface in Azogues, Ecuador,” *Renewable Energy and Power Quality Journal*, vol. 19, pp. 177–183, 2021. doi: <https://doi.org/10.24084/repqj19.250>
- [12] O. Álvarez, L. Mendia and J. Rojas, “Public lighting system management adapted to remote management: A case study,” *Lecture Notes in Networks and Systems*, vol. 607, Springer, 2023, pp. 392–406. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-24327-1_34
- [13] H. Liu and A. Farias, “Comparison studies of protective conductor sizing,” *Proceedings of the IEEE Industry Applications Society Annual Meeting*, IEEE, 2023. doi: <https://doi.org/10.1109/IAS54024.2023.10406458>
- [14] International Electrotechnical Commission (IEC), *IEC 60364: Low-voltage electrical installations*, IEC, Geneva, Switzerland.
- [15] I. Kasikci, *Analysis and Design of Electrical Power Systems: A Practical Guide and Commentary on NEC and IEC 60364*, Wiley-VCH, Germany, 2022. doi: <https://doi.org/10.1002/9783527803422>
- [16] G. Parise et al., “Safety of domestic dwellings in stressed electrical grids: A case of backfeed hazard,” *Proceedings of the IEEE IAS Annual Meeting*, IEEE, 2020. doi: <https://doi.org/10.1109/IAS44978.2020.9334771>
- [17] F. G. Mohammadi, “Presenting a new correction factor for IEC 60364-5-52 standard in cable calculations under harmonic conditions,” *IET Conference Proceedings*, 2021. doi: <https://doi.org/10.1049/icp.2021.1792>
- [18] K.-Y. Yeon et al., “Design method of low-voltage wiring for preventing cable burnout owing to over-current,” *Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers*, vol. 69, no. 8, pp. 1255–1262, 2020. doi: <https://doi.org/10.5370/KIEE.2020.69.8.1255>
- [19] M. T. Sarker et al., “Performance optimization of grounding system for multi-voltage electrical installation,” *Applied Sciences*, vol. 15, no. 15, p. 8600, 2025. doi: <https://doi.org/10.3390/app15158600>

- [20] W. A. Martins Jr. et al., “Quality of electrical installations in commercial buildings in Brazil,” *IEEE Transactions on Industry Applications*, 2025. doi: <https://doi.org/10.1109/TIA.2025.3618624>
- [21] ChargePoint Inc., “ChargePoint CT4000 Level 2 Commercial Charging Station – Datasheet,” *ChargePoint, Inc.*, 2025. Disponible en: <https://www.chargepoint.com>
- [22] W. A. Almeida Carvajal, *Rediseño de la red eléctrica de bajo voltaje del Hospital del Adulto Mayor*, Proyecto de Titulación, Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador, 2023. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/26538>
- [23] Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), “Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC – Servicios Básicos, Instalaciones Eléctricas,” *Gobierno del Ecuador*, 2011. Disponible en: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec>
- [24] Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), “NTE INEN 2345:2004 – Instalaciones eléctricas en edificaciones,” *Servicio Ecuatoriano de Normalización*, 2004. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec>
- [25] Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), “NTE INEN 3098:2016 – Voltajes normalizados,” *Servicio Ecuatoriano de Normalización*, 2016. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec>

CAPÍTULO 7

Anexos

7.0.1 Caso de estudio 1: Diseño eléctrico residencial conforme a NFPA 70 (NEC 2023)

En esta sección se desarrolla el diseño eléctrico correspondiente al caso residencial, aplicando los criterios y requerimientos establecidos en la NFPA 70 – *National Electrical Code* (NEC 2023). Este caso constituye la base de comparación para los demás escenarios abordados en la investigación, específicamente el diseño comercial y el diseño de la electrolinera.

7.0.2 Caso de estudio 2: Diseño eléctrico residencial conforme a la normativa ecuatoriana

En esta sección se desarrolla el diseño eléctrico correspondiente al caso residencial, aplicando los criterios y disposiciones establecidos en la normativa ecuatoriana vigente para instalaciones eléctricas de bajo voltaje. El diseño se fundamenta en la Norma Ecuatoriana de la Construcción en el eje de Servicios Básicos – Instalaciones Eléctricas, las normas técnicas del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) y los lineamientos técnicos aplicables al diseño eléctrico residencial.

Este caso permite analizar la aplicación práctica de la normativa nacional en el diseño eléctrico residencial, considerando los criterios de dimensionamiento de circuitos, selección de conductores, sistemas de puesta a tierra y dispositivos de protección. Asimismo, el diseño desarrollado bajo normativa ecuatoriana sirve como base para el análisis comparativo con el diseño realizado conforme al National Electrical Code (NEC 2023), permitiendo

identificar diferencias técnicas, niveles de estandarización y enfoques de seguridad entre ambos marcos normativos.

7.0.3 Caso de estudio 3: Diseño eléctrico comercial conforme a NFPA 70 (NEC 2023)

En esta sección se desarrolla el diseño eléctrico correspondiente al caso comercial aplicando los criterios y requerimientos establecidos en la NFPA 70 – National Electrical Code, en su edición 2023. Este caso representa un enfoque normativo altamente prescriptivo, orientado a garantizar la seguridad del usuario, la continuidad operativa y la confiabilidad del sistema eléctrico en edificaciones comerciales.

El diseño se basa en una metodología estructurada que considera el cálculo de cargas diversificadas, la identificación de cargas continuas y la aplicación de factores de seguridad específicos para el dimensionamiento de conductores y dispositivos de protección. El NEC 2023 establece procedimientos normalizados para el cálculo de demanda eléctrica, permitiendo una estimación más precisa y uniforme del consumo en instalaciones comerciales.

En el dimensionamiento del sistema eléctrico, el NEC 2023 exige la aplicación del factor del 125% para cargas continuas, así como criterios específicos para la selección de conductores, interruptores automáticos y canalizaciones. Estos requerimientos buscan reducir el riesgo de sobrecalentamiento, fallas prematuras y desconexiones no deseadas durante la operación normal del sistema.

Desde el punto de vista de la protección eléctrica, el diseño comercial conforme al NEC 2023 incorpora criterios claros para la coordinación y selectividad de dispositivos de protección, asegurando que ante una falla eléctrica se desconecte únicamente el circuito afectado. Este enfoque mejora significativamente la continuidad del servicio y reduce el impacto económico asociado a interrupciones no planificadas.

Asimismo, el NEC 2023 establece recomendaciones explícitas para el control de la caída de tensión, la separación funcional de circuitos por tipo de carga y la preparación del sistema para ampliaciones futuras. Estas disposiciones contribuyen a una mayor estandarización del diseño y a una menor dependencia del criterio individual del proyectista.

Este caso de estudio evidencia que la aplicación del NEC 2023 en instalaciones comerciales proporciona un marco técnico robusto y preventivo, orientado a maximizar la seguridad, confiabilidad y eficiencia operativa del sistema eléctrico, constituyéndose en una referencia técnica de alto valor para proyectos comerciales de mayor complejidad.

7.0.4 Caso de estudio 4: Diseño eléctrico comercial conforme a la normativa ecuatoriana

En esta sección se desarrolla el diseño eléctrico correspondiente al caso comercial, aplicando los criterios y disposiciones establecidos en la normativa ecuatoriana vigente para instalaciones eléctricas de bajo voltaje. El análisis se orienta a edificaciones de uso comercial, caracterizadas por una mayor concentración de cargas, operación prolongada de equipos y requerimientos de continuidad del servicio eléctrico.

El diseño se fundamenta en la Norma Ecuatoriana de la Construcción, en el eje de Servicios Básicos – Instalaciones Eléctricas, así como en las normas técnicas del Instituto Ecuatoriano de Normalización y los lineamientos técnicos aplicables al diseño de instalaciones interiores. Estos documentos establecen criterios generales para el dimensionamiento de conductores, la selección de protecciones y la organización de circuitos eléctricos en edificaciones comerciales.

En el cálculo de la demanda eléctrica, la normativa ecuatoriana considera principalmente la suma de las cargas instaladas y factores generales de demanda, sin desarrollar metodologías específicas de diversificación y simultaneidad propias de edificaciones comerciales de mayor complejidad. El dimensionamiento de conductores y dispositivos de protección se realiza garantizando condiciones mínimas de seguridad y operación, apoyándose en el criterio técnico del proyectista para la optimización del diseño.

Desde el punto de vista de la protección eléctrica, el diseño contempla la aplicación de dispositivos de protección contra sobrecorriente y protección diferencial de carácter general, asegurando la desconexión del sistema ante condiciones anómalas. Sin embargo, la normativa no exige de forma explícita estudios de selectividad ni coordinación avanzada de protecciones para instalaciones comerciales, aspectos que quedan sujetos a la experiencia profesional del diseñador.

En cuanto a la organización de circuitos, el diseño comercial conforme a la norma-

tiva ecuatoriana permite flexibilidad en la separación de cargas, facilitando la adaptación del sistema a las necesidades específicas del establecimiento. Asimismo, se incorporan criterios básicos de puesta a tierra y seguridad del usuario, orientados a garantizar un funcionamiento seguro del sistema eléctrico.

Este caso de estudio permite evidenciar el enfoque general y flexible de la normativa ecuatoriana en instalaciones comerciales, proporcionando un marco técnico que cumple condiciones mínimas de seguridad, pero que depende en gran medida del criterio profesional para alcanzar niveles superiores de confiabilidad y desempeño operativo.

7.0.5 Caso de estudio 5: Diseño eléctrico de una electrolinera de carga para vehículos eléctricos nivel 2

En esta sección se desarrolla el diseño eléctrico correspondiente a una electrolinera de carga para vehículos eléctricos de nivel 2, considerando las particularidades técnicas y operativas de este tipo de infraestructura. La electrolinera representa un escenario de carga especial dentro de las instalaciones eléctricas de bajo voltaje, debido a la elevada potencia demandada, los tiempos prolongados de operación y la interacción directa con el usuario final.

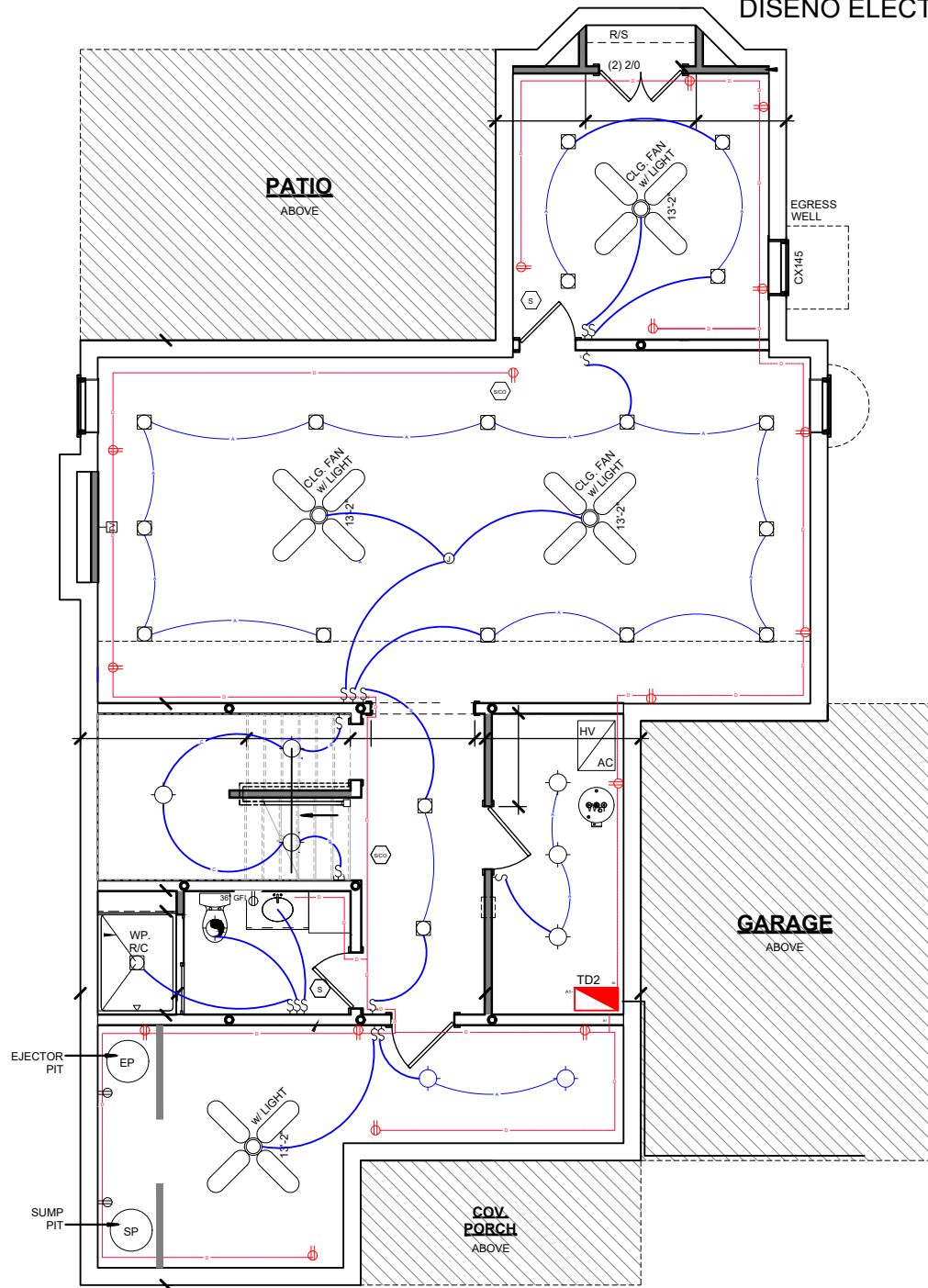
El diseño se fundamenta en la normativa ecuatoriana vigente aplicable a instalaciones eléctricas de bajo voltaje, la cual establece criterios generales de seguridad y operación. No obstante, debido a la ausencia de un marco normativo nacional específico para estaciones de carga de vehículos eléctricos, se adopta como referencia técnica complementaria el enfoque establecido en la normativa estadounidense, que proporciona lineamientos claros para el dimensionamiento de conductores, la selección de protecciones, la seguridad del usuario y la correcta integración de la electrolinera con la red eléctrica existente.

Este caso de estudio permite analizar cómo la aplicación de criterios técnicos más detallados contribuye a mejorar la confiabilidad operativa del sistema, reducir riesgos eléctricos y garantizar condiciones seguras de uso, aspectos fundamentales para el desarrollo sostenible de la movilidad eléctrica. Asimismo, la electrolinera constituye un elemento clave dentro del proceso de transición energética, por lo que su diseño eléctrico debe priorizar la seguridad, la eficiencia y la adaptabilidad frente al crecimiento futuro de la demanda.

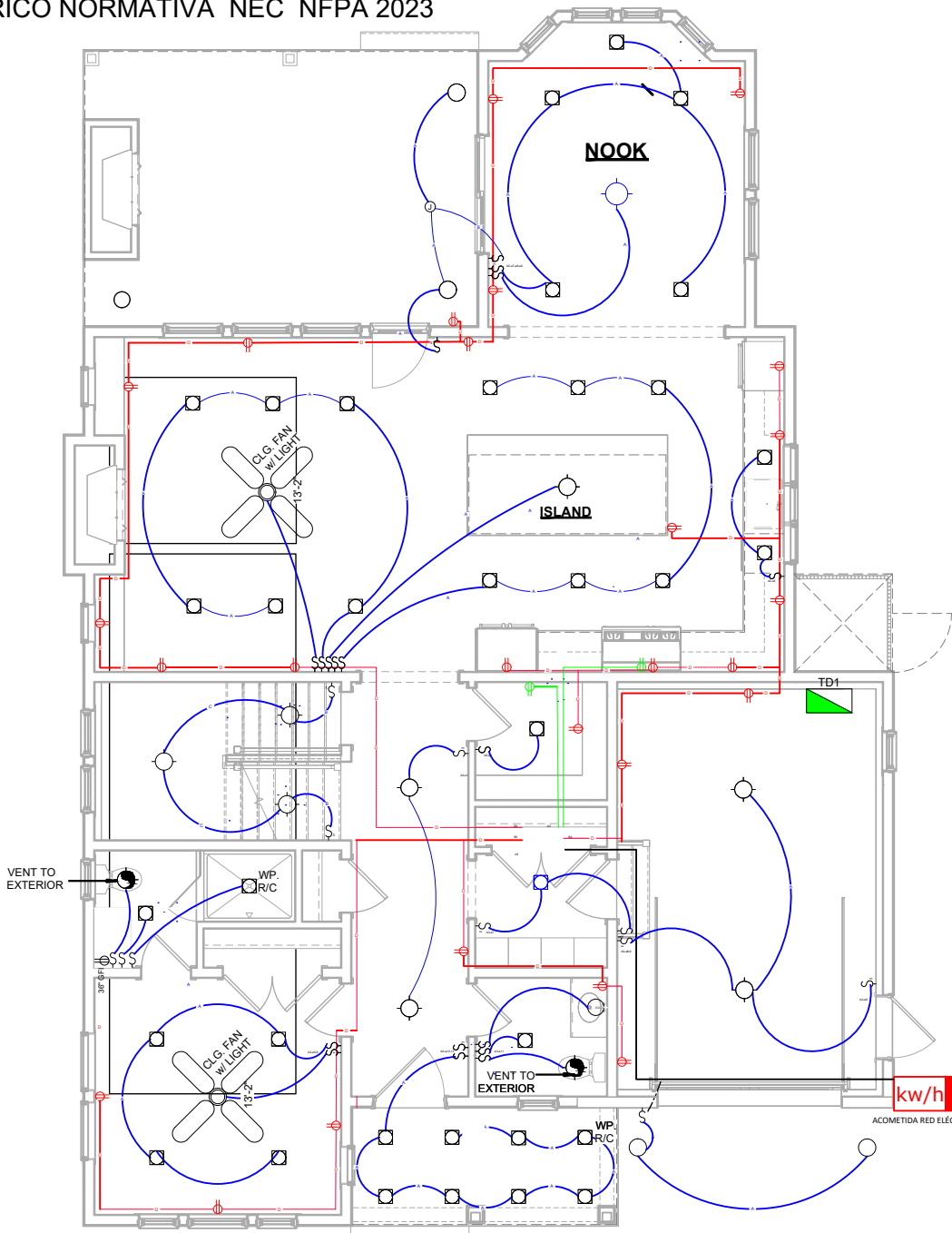
ELEC. LEGEND

	WALL OUTLET
	220 VOLT WALL OUTLET
	DEDICATED WALL OUTLET
	SWITCH
	THREE WAY SWITCH
	WALL MOUNTED LIGHT FIXTURE
	CLG. MOUNTED LIGHT FIXTURE
	EXHAUST FAN
	TELEPHONE JACK
	TELEVISION CONNECTION
	ELECTRICAL PANEL
	JUNCTION BOX
	THERMOSTAT
	SMOKE DETECTOR
	CARBON MONOXIDE DETECTOR
	SMOKE/CO DETECTOR
	RECESSED CAN LIGHT
	RECESSED EYEBALL LIGHT
	CEILING FAN
	WATER SPIGOT

DISEÑO ELECTRICO NORMATIVA NEC NFPA 2023

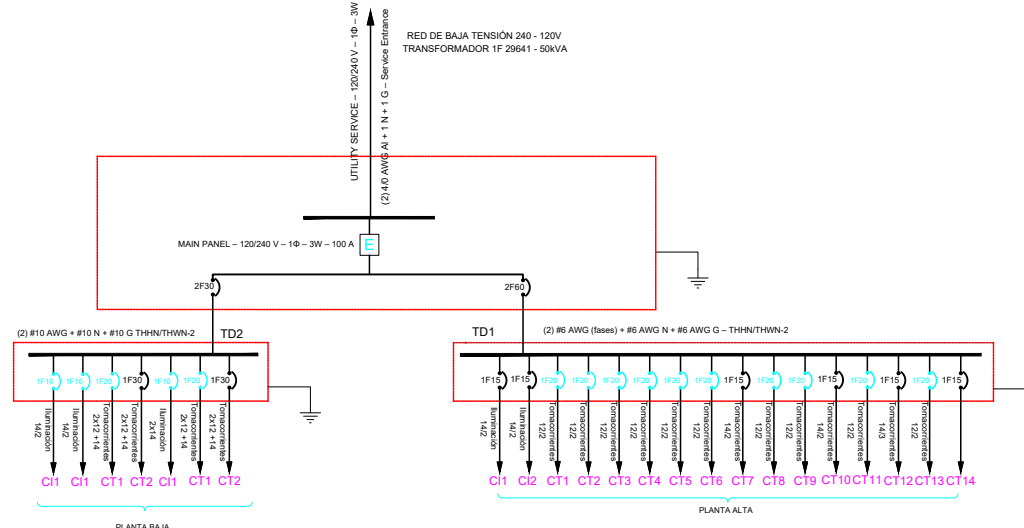


PLANTA BAJA



PLANTA ALTA

DIAGRAMA UNIFILAR



INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA LA VIVIENDA DEL SR. JOE PADILLA

CONSULTORÍA Y CONSTRUCCIONES ELÉCTRICAS

DIRECCION: AV. ANDES Y CAJAS
TELEFONOS: 0958648548
CUENCA - ECUADOR

Fecha: 04/02/2026

Propietario: JOE PADILLA

Iluminación

PROFESIONAL RESPONSABLE:

ING.
ING. JOE CESAR PADILLA GARCIA

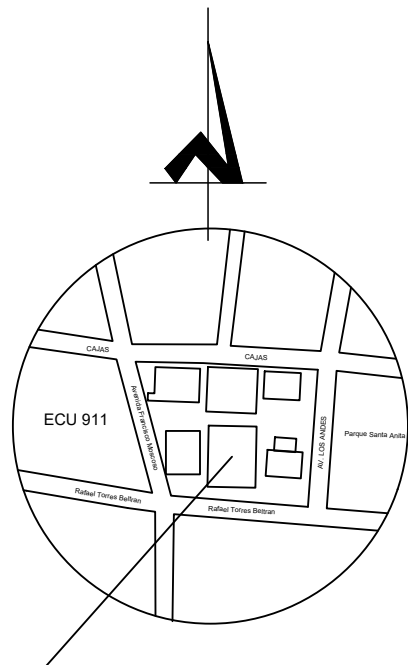
NOTA: Todas las medidas deberán ser rectificadas en obra antes de la ejecución del proyecto

Contenido: Instalaciones eléctricas interiores
Diagrama unifilar
Tablero de medidores
Ubicación

Dibujado por:

Revisado por:

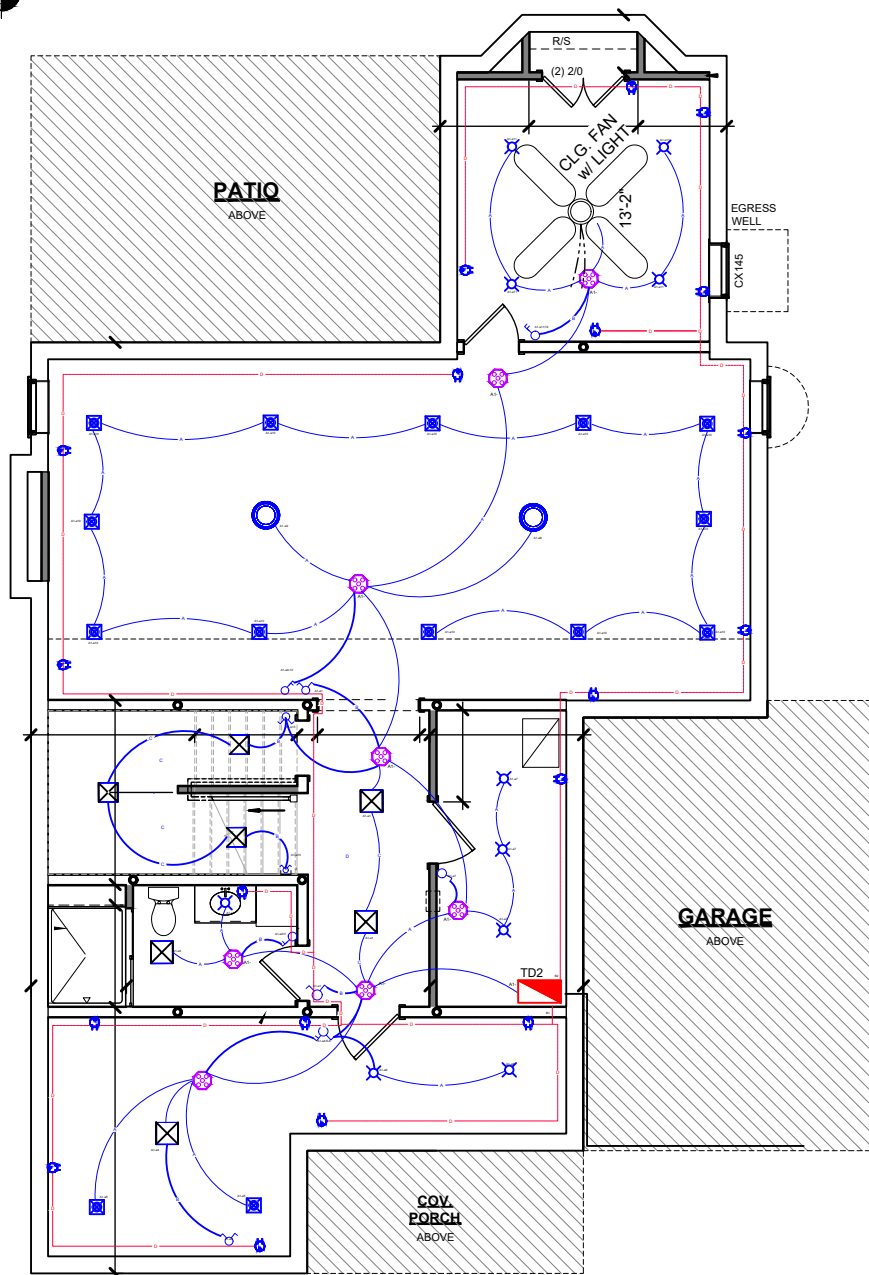
Lámina: 2/2



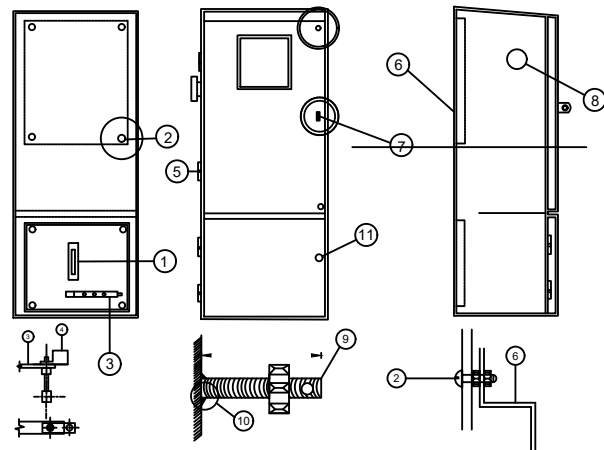
UBICACIÓN
CUENCA - ECU911

DISEÑO ELECTRICO NORMATIVA ECUADOR

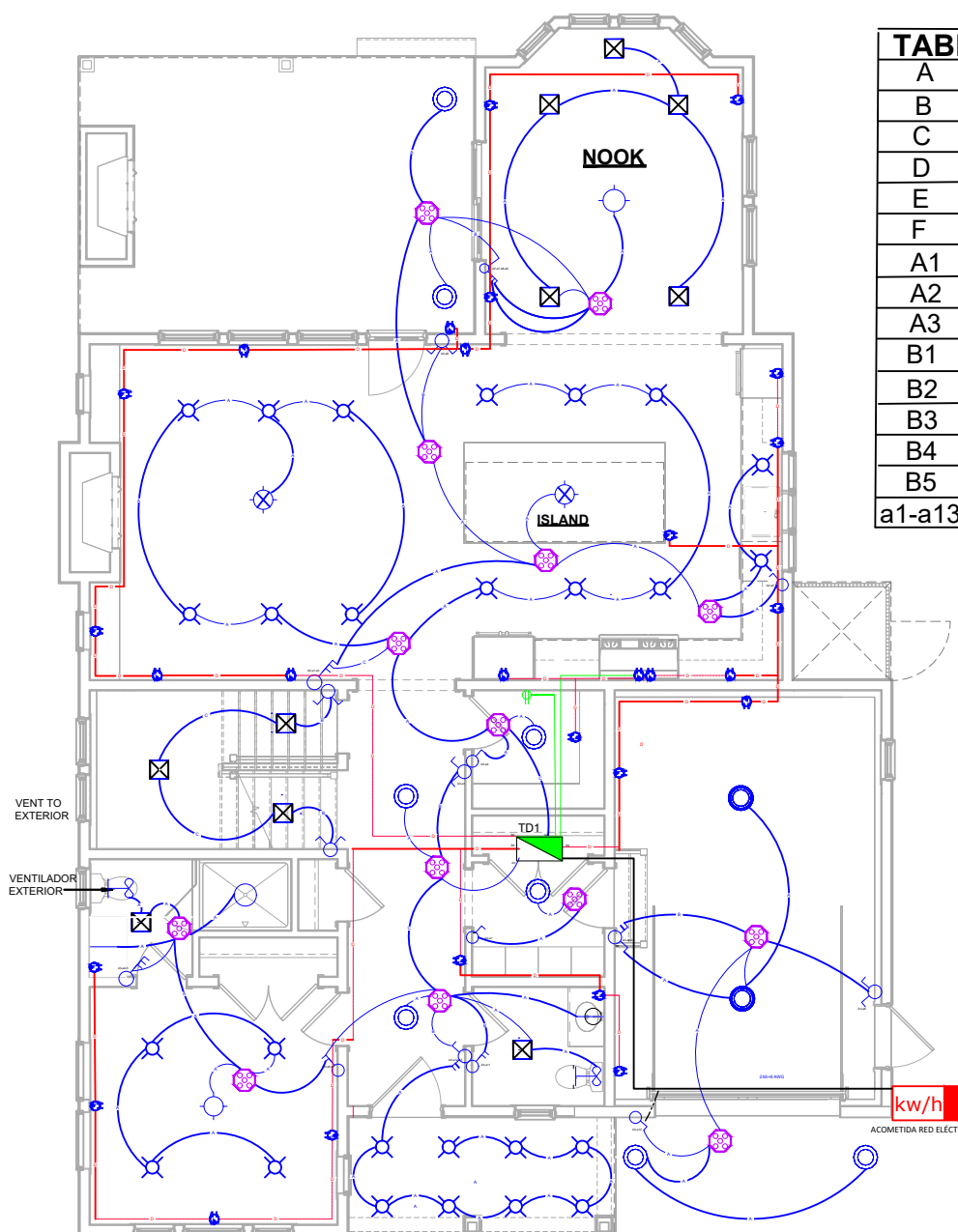
Propuesta Iluminación



PLANTA BAJA
TABLERO DE MEDIDORES



- 1.- RIEL DIN 35mm x 100mm
- 2.- PERNO CADAMADO
- 3.- BARRA DE CUI DE 110 x 12 x 4 PARA NEUTRO
- 4.- TERMINAL PLANO CUI N°5
- 5.- BISAGRA PASADOR
- 6.- TAPA DE SOBREFONDO
- 7.- ARMILLA PARA CANDADO MASTER
- 8.- CONECTOR EMT 3/4
- 9.- PERNO PASADO PARA SELLO
- 10.- PUNTO DE SUELDA
- 11.- CHAPA CON LLAVE



PLANTA ALTA

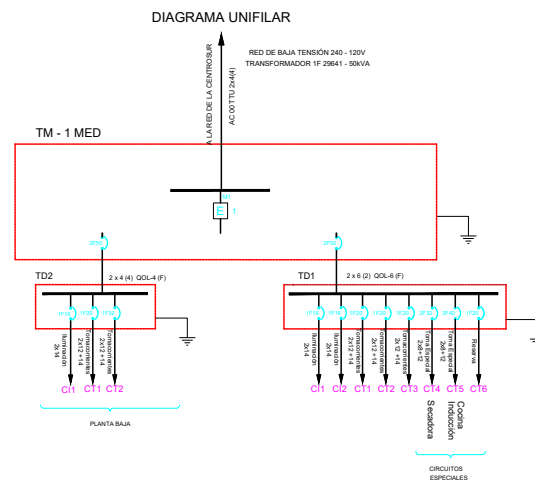


TABLA CIRCUITOS

A	2X14 AWG PVC 1/2"
B	3X14 AWG PVC 1/2"
C	4X14 AWG PVC 3/4"
D	2X12+14 AWG PVC 1/2"
E	2X10+12 AWG PVC 3/4"
F	2X8+10 AWG PVC 3/4"
A1	Circuito Iluminación 1
A2	Circuito Iluminación 2
A3	Circuito Iluminación 3
B1	Circuito tomas1
B2	Circuito tomas2
B3	Circuito tomas3
B4	Circuito tomas4
B5	Circuito tomas4
a1-a13	Circuito de tecla

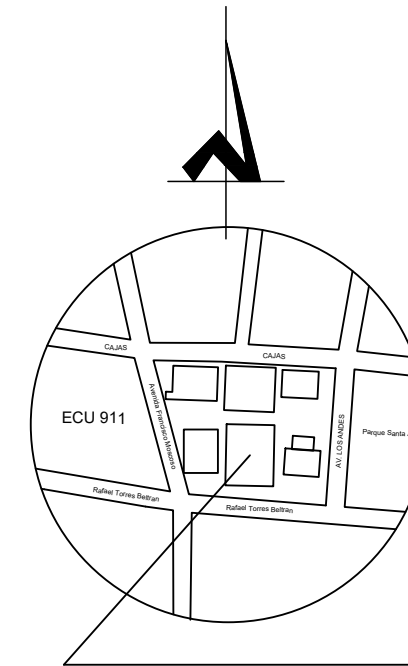
ILUMINACIÓN	
DESCRIPCIÓN	
□	PANEL LED CUADRADO 30W
○	PANEL LED REDONDO 30W
○	PANEL LED REDONDO 24W
○	PANEL LED REDONDO 12 W
○	PANEL LED REDONDO 6W
○	CIJO DE DIFUSIÓN DE 30W
○	CIJO DE DIFUSIÓN DE 20W
○	CIJO DE DIFUSIÓN DE 10W

ELEMENTOS	
○	INTERRUPTOR SIMPLE H=110CM
○	INTERRUPTOR DOBLE H=110CM
○	INTERRUPTOR TRIPLE H=110CM
○	CONMUTADOR SIMPLE H=110CM
○	CONMUTADOR DOBLE H=110CM
○	CONMUTADOR INTERRUPTOR H=110CM
○	DEVIADOR SIMPLE H=110CM
○	SENSOR DE MOVIMIENTO
○	TOMACORRIENTE DOBLE POLARIZADO 120V 15A H=85CM
○	TOMACORRIENTE NEMA 220V 30A PATA DE GALLINA H=85CM

TABLEROS Y EQUIPOS	
□	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL
□	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIO
□	TABLERO DE MEDICIÓN DE ENERGÍA

CAJETINES	
○	CAJETIN OCTAGONAL JUMBO
○	CAJETIN CUADRADO 16X10CM

LEYENDA	
—	CIRCUITO DE ILUMINACIÓN AC
—	CIRCUITO DE TOMACORRIENTE DOBLE POLARIZADO 120V
—	CIRCUITO DE TOMACORRIENTE DOBLE 220V
—	ACOMETIDA PARA TABLEROS
—	PUESTA A TIERRA



UBICACIÓN
CUENCA - ECU911

INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA LA VIVIENDA DEL SR. JOE PADILLA

CONSULTORÍA Y CONSTRUCCIONES ELÉCTRICAS

DIRECCION: AV. ANDES Y CAJAS
TELEFONOS: 0958648548
CUENCA - ECUADOR

Fecha: 04/02/2026

Propietario: JOE PADILLA

Iluminación

PROFESIONAL RESPONSABLE:

ING. JOE CESAR PADILLA GARCIA

NOTA: Todas las medidas deberán ser rectificadas en obra antes de la ejecución del proyecto

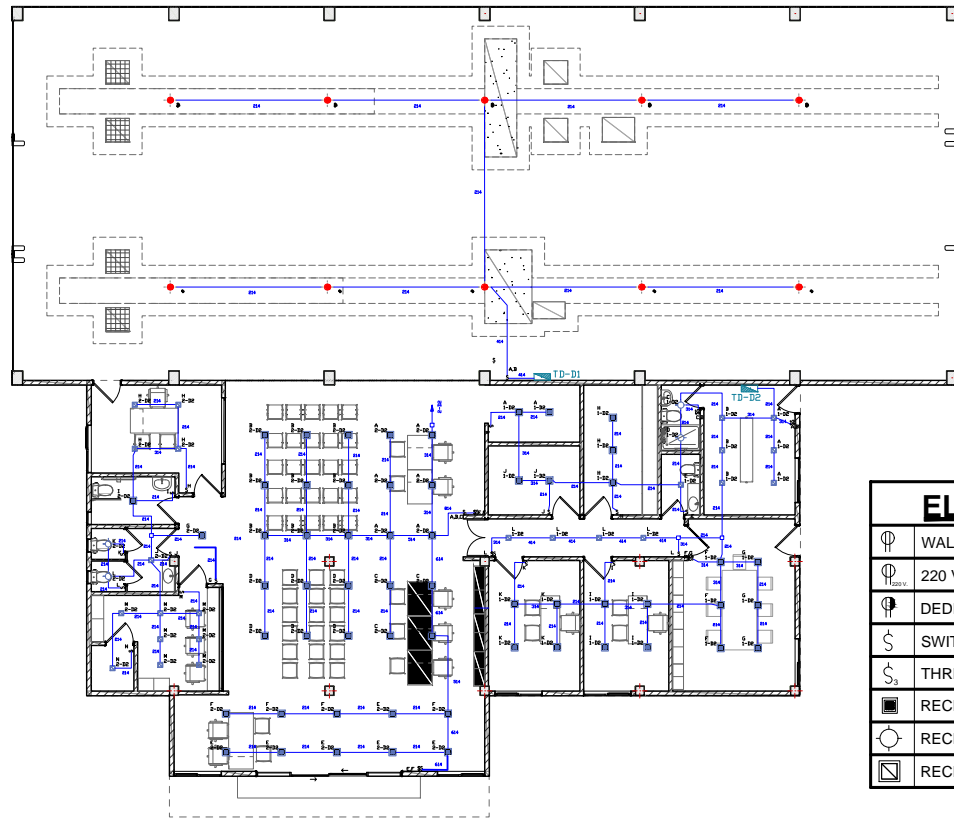
Contenido: Instalaciones eléctricas interiores
Diagrama unifilar
Tablero de medidores
Ubicación

Dibujado por:

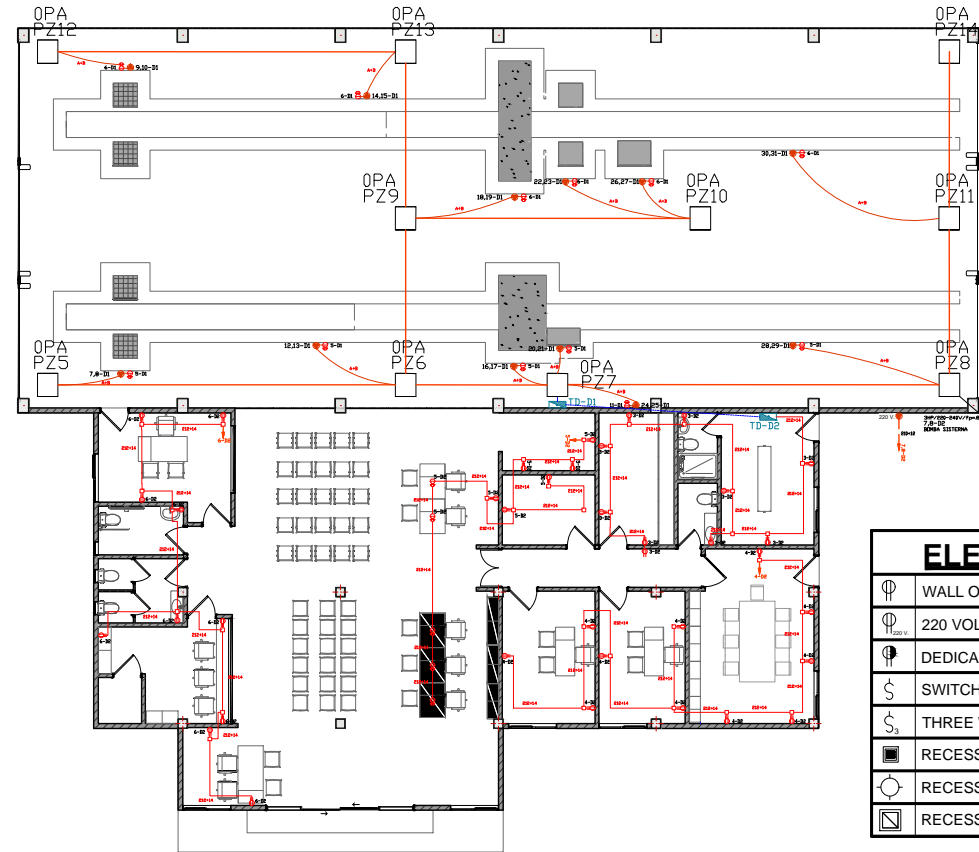
Revisado por:

Lámina: 1/2

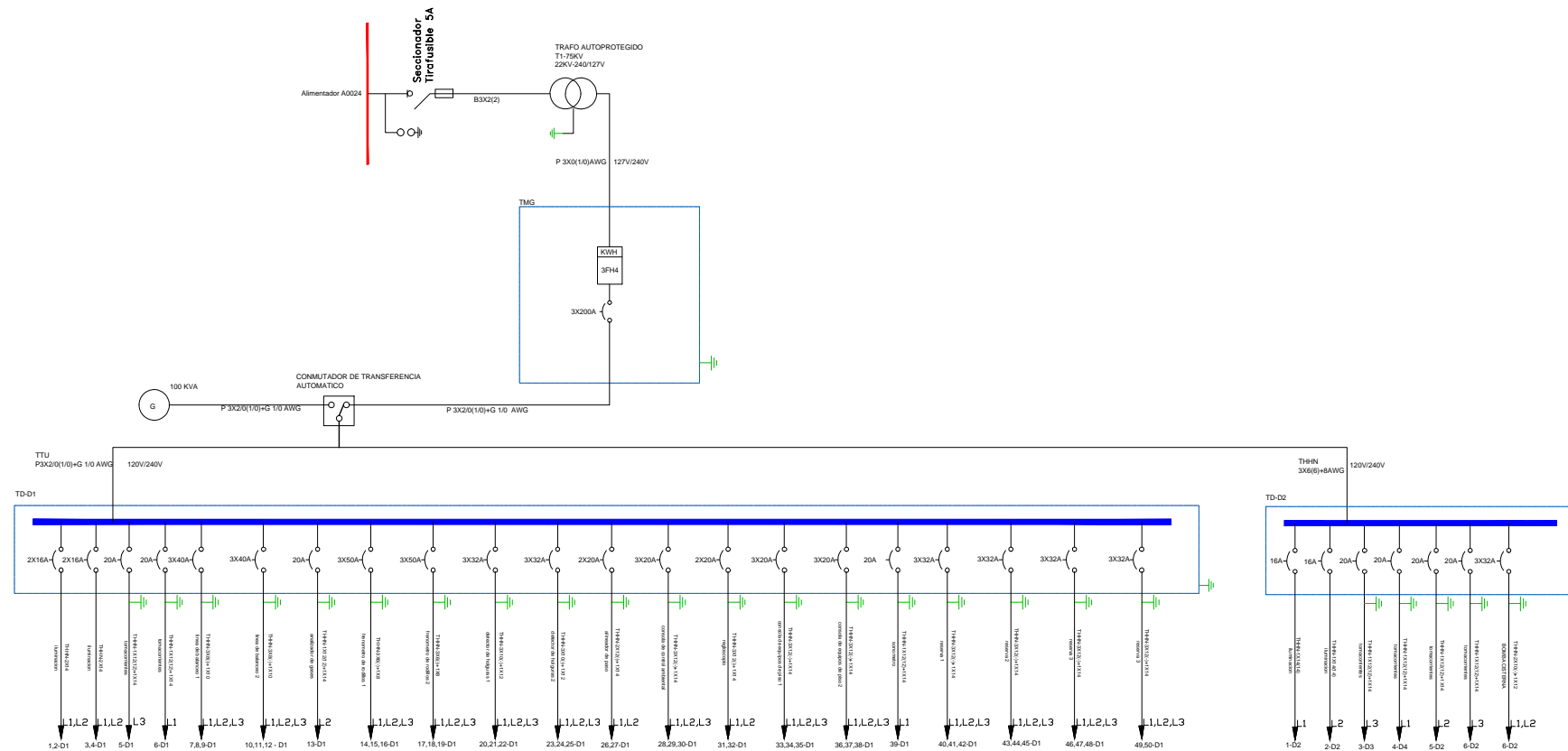
DISEÑO ELECTRICO NORMATIVA NEC NFPA 2023



ELEC. LEGEND	
	WALL OUTLET
	220 VOLT WALL OUTLET
	DEDICATED WALL OUTLET
	SWITCH
	THREE WAY SWITCH
	RECESSED LED CEILING LIGHT, 24 W
	RECESSED LED CEILING LIGHT, 6W
	RECESSED LED CEILING LIGHT, 12W



ELEC. LEGEND	
	WALL OUTLET
	220 VOLT WALL OUTLET
	DEDICATED WALL OUTLET
	SWITCH
	THREE WAY SWITCH
	RECESSED LED CEILING LIGHT, 24 W
	RECESSED LED CEILING LIGHT, 6W
	RECESSED LED CEILING LIGHT, 12W



INSTALACIONES
ELÉCTRICAS
PARA LA VIVIENDA
DEL SR. JOE PADILLA

CONSULTORÍA
Y
CONSTRUCCIONES
ELÉCTRICAS

DIRECCION: AV. ANDES Y CAJAS
TELEFONOS: 0958648548
CUENCA - ECUADOR

Fecha: 26/01/2026

Propietario: JOE PADILLA

Instalaciones
eléc tricas

PROFESIONAL RESPONSABLE:

ING.
ING. JOE CESAR PADILLA GARCIA

NOTA: Todas las
medidas deberán ser
rectificadas en obra
antes de la ejecución
del proyecto

Contenido: Instalaciones
eléc tricas interiores
Legenda
Diagrama unifilar

Dibujado por

Revisado por:

Lámina: 1/1

DISEÑO ELECTRICO NORMATIVA ECUADOR

INSTALACIONES
ELÉCTRICAS
PARA LA VIVIENDA
DEL SR. JOE PADILLA

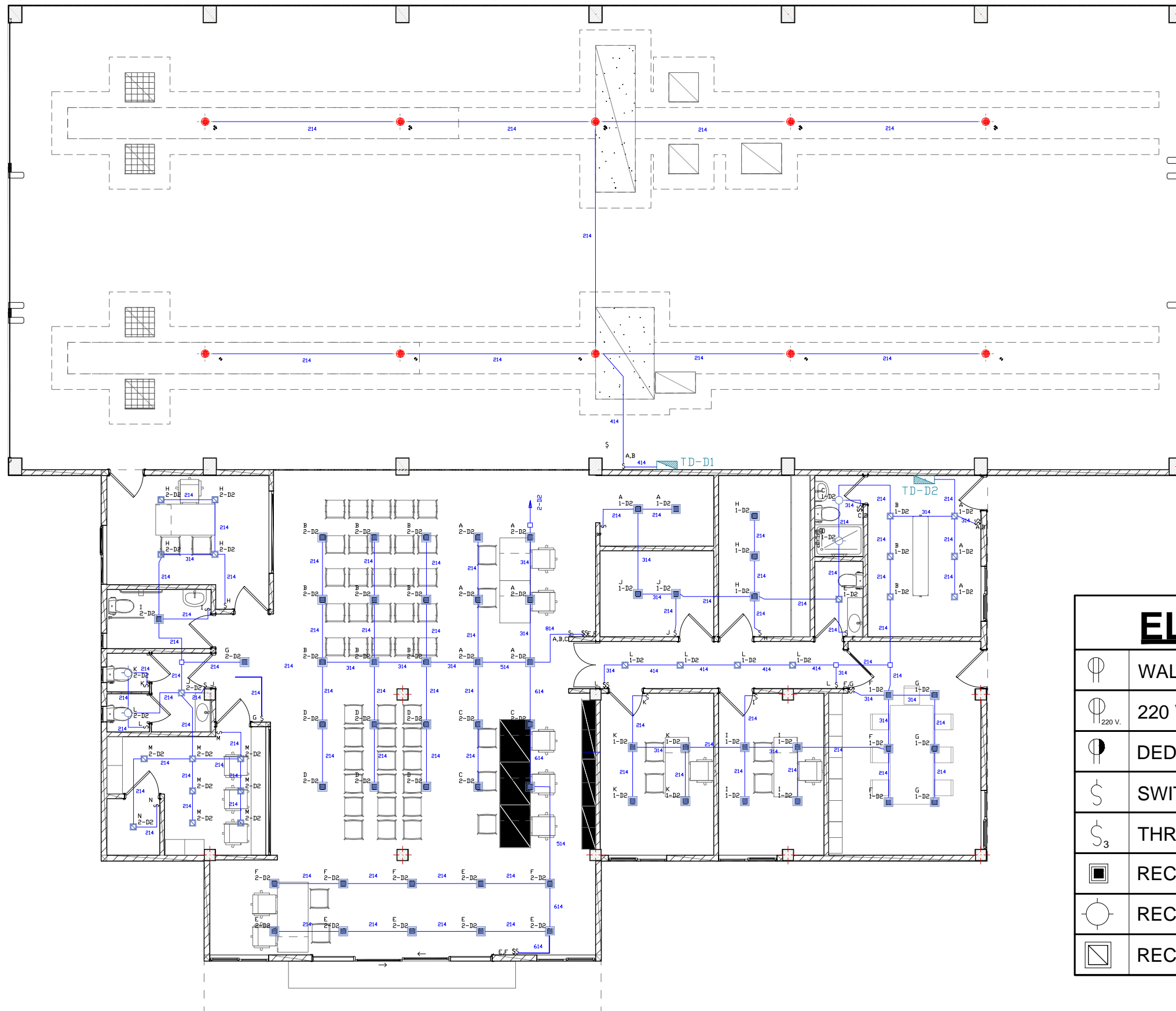
CONSULTORÍA
Y
CONSTRUCCIONES
ELÉCTRICAS

DIRECCION: AV. ANDES Y CAJAS
TELEFONOS: 0958648548
CUENCA - ECUADOR

Fecha: 26/01/2026

Propietario: JOE PADILLA

Iluminación



ELEC. LEGEND

	WALL OUTLET
	220 VOLT WALL OUTLET
	DEDICATED WALL OUTLET
	SWITCH
	THREE WAY SWITCH
	RECESSED LED CEILING LIGHT, 24 W
	RECESSED LED CEILING LIGHT, 6W
	RECESSED LED CEILING LIGHT, 12W

PROFESIONAL RESPONSABLE:

ING.
ING. JOE CESAR PADILLA GARCIA

NOTA: Todas las
medidas deberán ser
rectificadas en obra
antes de la ejecución
del proyecto

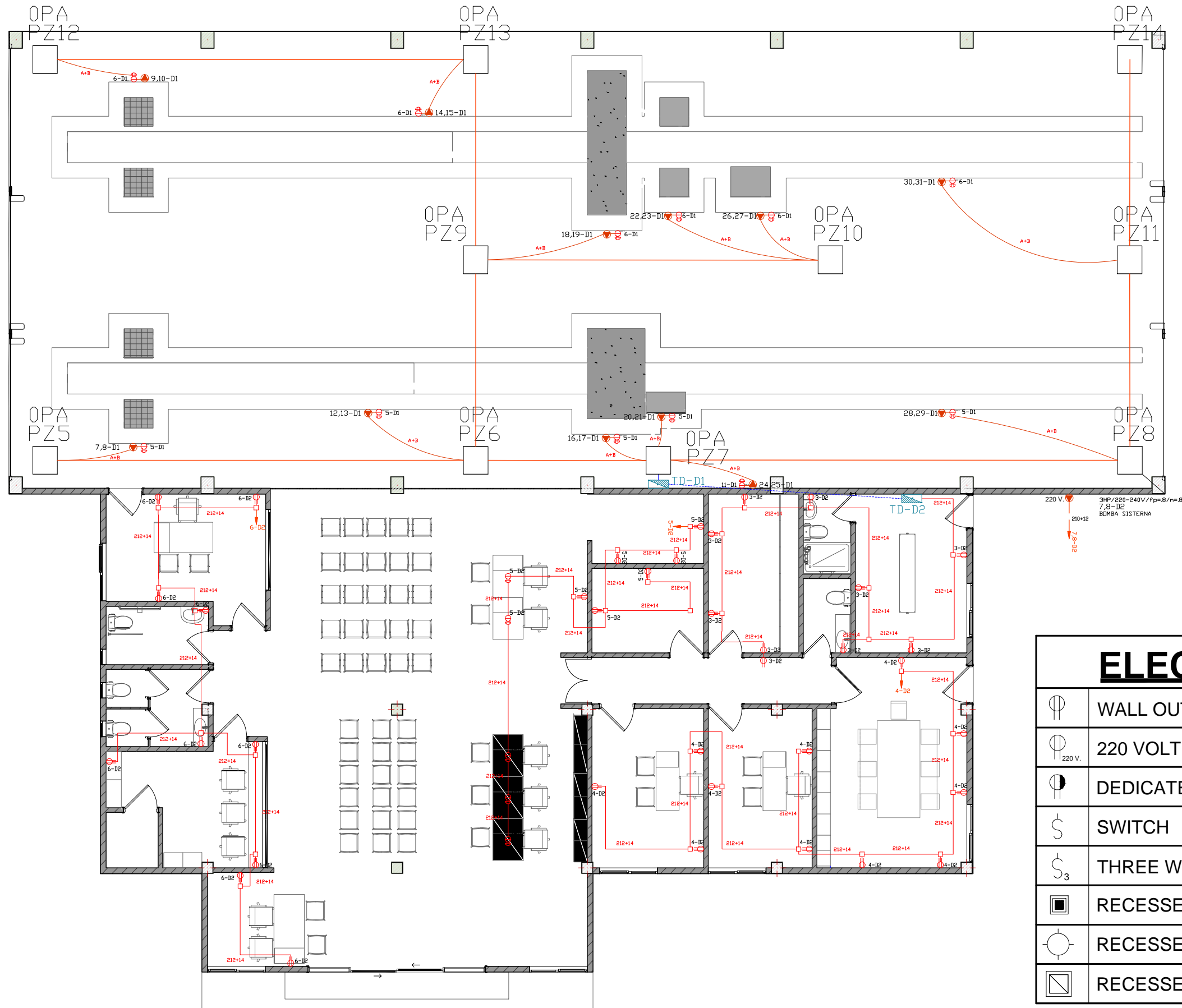
Contenido: Instalaciones
eléctricas interiores
Leyenda

Dibujado por:

Revisado por:

Lámina: 1/3

DISEÑO ELECTRICO NORMATIVA ECUADOR



ELEC. LEGEND	
	WALL OUTLET
	220 VOLT WALL OUTLET
	DEDICATED WALL OUTLET
	SWITCH
	THREE WAY SWITCH
	RECESSED LED CEILING LIGHT, 24 W
	RECESSED LED CEILING LIGHT, 6W
	RECESSED LED CEILING LIGHT, 12W

INSTALACIONES
ELÉCTRICAS
PARA LA VIVIENDA
DEL SR. JOE PADILLA

CONSULTORÍA
Y
CONSTRUCCIONES
ELÉCTRICAS

DIRECCION: AV. ANDES Y CAJAS
TELEFONOS: 0958648548
CUENCA - ECUADOR

Fecha: 26/01/2026

Propietario: JOE PADILLA

Iluminación

PROFESIONAL RESPONSABLE:

ING.
ING. JOE CESAR PADILLA GARCIA

NOTA: Todas las
medidas deberán ser
rectificadas en obra
antes de la ejecución
del proyecto

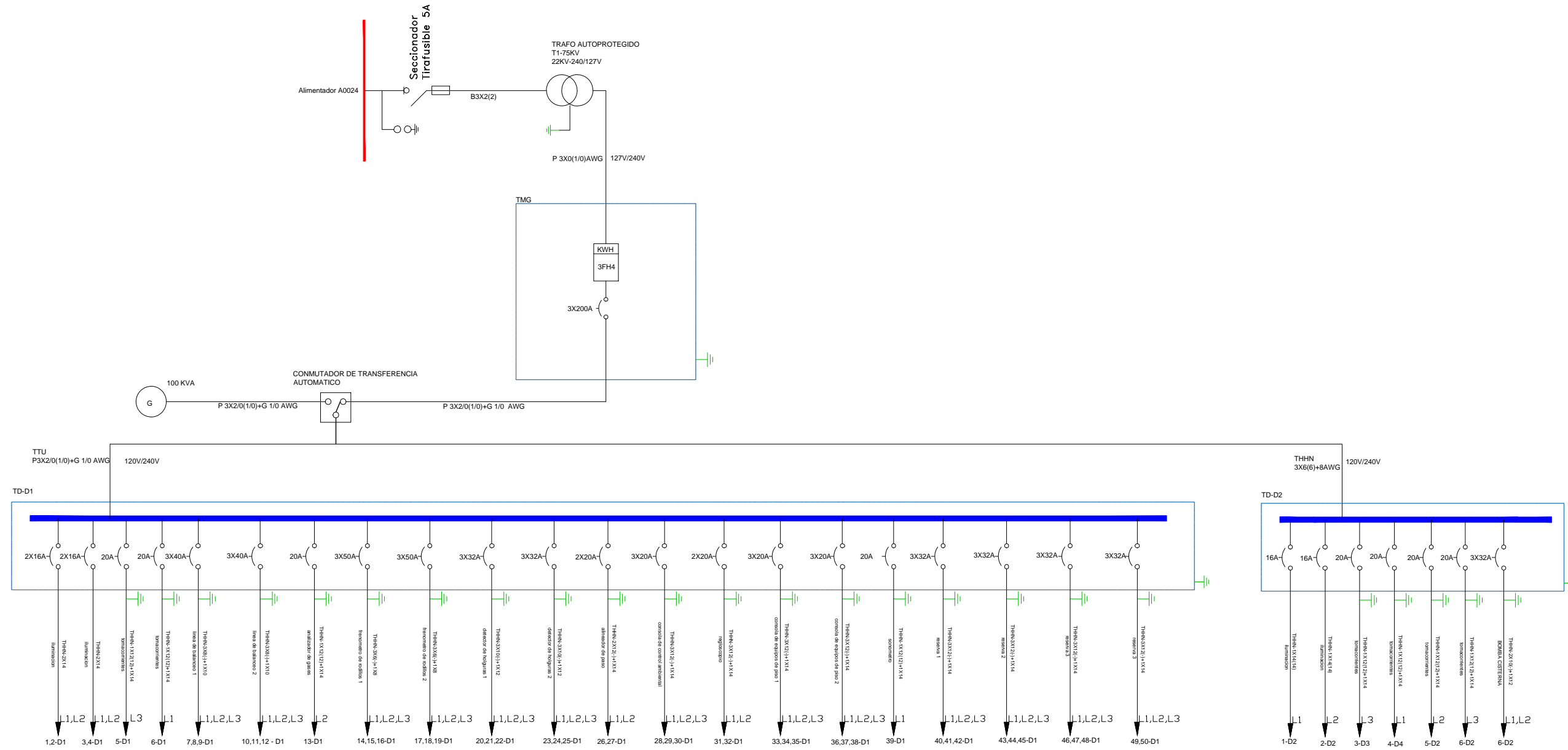
Contenido: Instalaciones
eléctricas interiores
Leyenda

Dibujado por

Revisado por:

Lámina: 2/3

DIAGRAMA UNIFILAR



INSTALACIONES
ELÉCTRICAS
PARA LA VIVIENDA
DEL SR. JOE PADILLA

CONSULTORÍA
Y
CONSTRUCCIONES
ELÉCTRICAS

DIRECCION: AV. ANDES Y CAJAS
TELEFONOS: 0958648548
CUENCA - ECUADOR

Fecha: 26/01/2026

Propietario: JOE PADILLA

Iluminación

PROFESIONAL RESPONSABLE:

ING.
ING. JOE CESAR PADILLA GARCIA

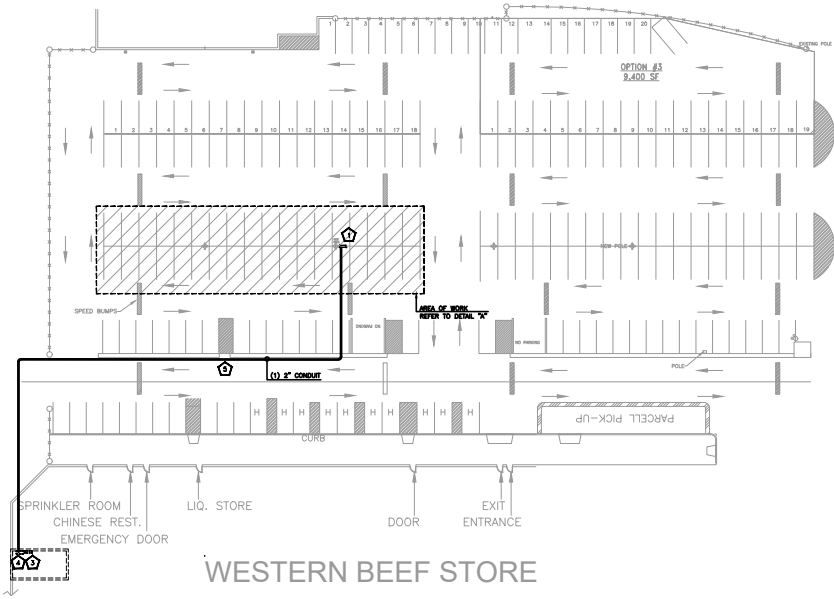
NOTA: Todas las
medidas deberán ser
rectificadas en obra
antes de la ejecución
del proyecto

Contenido: Diagrama unifilar

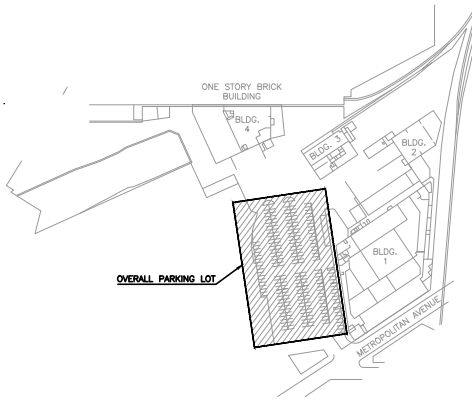
Dibujado por

Revisado por:

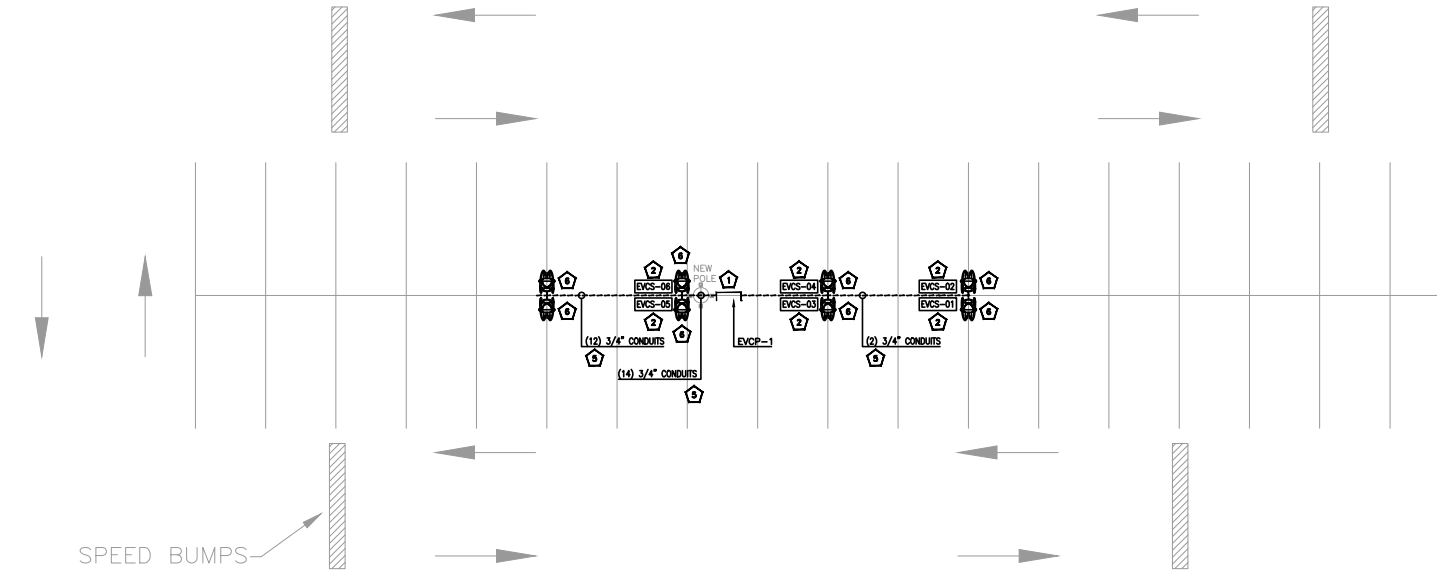
Lámina: 3/3



1 OVERALL PARKING ELECTRICAL PLAN
SCALE/32"=1'-0"



2 SITE PLAN
SCALE/1"=1'-0"



3 PARTIAL PARKING ELECTRICAL PLAN - DETAIL "A"
SCALE/8"=1'-0"

- LEGEND**
- ELECTRICAL VEHICLE CHARGING STATION
 - CIRCUIT BREAKER
 - ELECTRICAL PANEL
 - ELECTRICAL CONDUIT ROUTING. FINAL ROUTING SHALL BE DETERMINED IN FIELD.

- GENERAL NOTES**
1. REFER TO DWG. E-100.00 FOR ELECTRICAL ONE-LINE DIAGRAM.
 2. ALL INFORMATION AND SOLUTION INDICATED IN DRAWINGS ARE DIAGRAMMATIC. ELECTRICAL CONTRACTOR SHALL VERIFY ALL EXISTING CONDITIONS AND FEASIBILITY ON FIELD. COORDINATE INSTALLATION WITH AHJ IF REQUIRED.
 3. FIRE STOP ALL PENETRATIONS OF FIRE RATED CONSTRUCTION IN A CODE APPROVED MANNER IN ORDER TO MAINTAIN FIRE RATING. ALL PENETRATIONS SHALL BE SLEEVED AND SEALED WATERTIGHT.
 4. COORDINATE POWER SHUTDOWN WITH OWNER / BUILDING MANAGEMENT.
 5. ELECTRICAL CONTRACTOR SHALL CONFIRM EXACT CONDUIT ROUTING ON FIELD AND COORDINATE WITH OWNER PRIOR TO INSTALLATION.
 6. ELECTRICAL CONTRACTOR SHALL UPDATE ELECTRICAL PANELBOARD SCHEDULE UPON COMPLETION OF WORK.
 7. ALL WORK SHALL BE PERFORMED IN STRICT ACCORDANCE WITH THE CURRENT VERSION OF THE NYC ELECTRICAL CODE AND NEC 2023, WITH NYC AMENDMENTS. LOCAL JURISDICTION REQUIREMENTS, AND ALL GOVERNING LOCAL CODES, LAWS, AND REGULATIONS.
 8. ELECTRICAL CONTRACTOR SHALL VISIT THE SITE AND BECOME FAMILIAR WITH ALL EXISTING CONDITIONS THAT MAY AFFECT THE WORK.
 9. PULL AND JUNCTION BOXES NOT SHOWN ON DRAWINGS SHALL BE PROVIDED WHERE REQUIRED BY APPLICABLE CODE PROVISIONS OR BY FIELD CONDITIONS.
 10. ALL ELECTRICAL ACCESSORIES AND EQUIPMENT INSTALLED OUTSIDE OR EXPOSED TO WEATHER SHALL HAVE NEMA 3R ENCLOSURES AND SHALL BE TIGHTLY GASKETED FOR A COMPLETE RAIN TIGHT INSTALLATION.

- KEYED NOTES**
- 1 200A, 120/208V, 3PH, NEW ELECTRICAL VEHICLE CHARGING PANEL "EVCP-1", NEMA 3R RATED.
 - 2 ELECTRICAL VEHICLE CHARGING STATION. MANUFACTURE: CHARGE POINT, MODEL : CT4021
 - 3 EXISTING ELECTRICAL ROOM. ELECTRICAL CONTRACTOR TO FIELD VERIFY THE EXACT LOCATION IN FIELD.
 - 4 EXISTING SERVICE SWITCH AND ELECTRICAL PANEL. ELECTRICAL CONTRACTOR TO FIELD VERIFY THE LOCATION AND OPERABLE CONDITION.
 - 5 ELECTRICAL FEEDER ROUTING. ELECTRICAL CONTRACTOR SHALL COORDINATE EXACT CONDUIT ROUTING WITH CLIENT PRIOR TO BID. BID SHALL INCLUDE COST TO TRENCH AND REPAIR AS REQUIRED.
 - 6 ELECTRICAL CONTRACTOR TO PROVIDE CONCRETE BOLLARDS TO PROTECT CHARGING STATION FROM DAMAGE.

INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA LA VIVIENDA DEL SR. JOE PADILLA

CONSULTORÍA Y CONSTRUCCIONES ELÉCTRICAS

DIRECCION: AV. ANDES Y CAJAS
TELEFONOS: 0958848548
CUENCA - ECUADOR

Fecha: 26/01/2026

Propietario: JOE PADILLA

Iluminación

REVISIONES CENTROSUR

PROFESIONAL RESPONSABLE:

ING. JOE CESAR PADILLA GARCIA

NOTA: Todas las medidas deberán ser rectificadas en obra antes de la ejecución del proyecto

Contenido: Planos eléctricos

Dibujado por:

Revisado por:

Lámina: 1/2

ChargePoint® CT4000 Level 2 Commercial Charging Station

Specifications and Ordering Information



CT4021

Ordering Information

The order codes below represent specific product configurations. Other product options are available. Please contact ChargePoint Sales for information and order codes.

Hardware

Description		Order Code
Model	1830 mm (6 ft) Single Port Bollard Mount	CT4011-GW1
	1830 mm (6 ft) Dual Port Bollard Mount	CT4021-GW1
	1830 mm (6 ft) Single Port Wall Mount	CT4013-GW1
	1830 mm (6 ft) Dual Port Wall Mount	CT4023-GW1
	2440 mm (8 ft) Dual Port Bollard Mount	CT4025-GW1
	2440 mm (8 ft) Dual Port Wall Mount	CT4027-GW1
	1830 mm (6 ft) Single Port Bollard Mount with a Cut Resistant Cable	CT4011-GW1-CR
	1830 mm (6 ft) Dual Port Bollard Mount with Cut Resistant Cables	CT4021-GW1-CR
	1830 mm (6 ft) Single Port Wall Mount with a Cut Resistant Cable	CT4013-GW1-CR
	1830 mm (6 ft) Dual Port Wall Mount with Cut Resistant Cables	CT4023-GW1-CR
Misc	Power Management Kit	CT4000-PMGMT
	Bollard Concrete Mounting Kit	CT4001-CCM

*Note: ALL CT4000 stations include Integrated Modem -GW1.

Software & Services

ChargePoint CT4000 requires purchase of separate activation to initialize a station. ChargePoint CT4000 requires a cloud plan to operate. ChargePoint offers various service plans including extended parts warranties, ChargePoint Assure®, and customer managed labor plans.

ChargePoint, Inc. reserves the right to alter product offerings and specifications at any time without notice and is not responsible for typographical or graphical errors that may appear in this document.

Architectural Drawings (Dimensions)

CT4021 1830 mm (6')

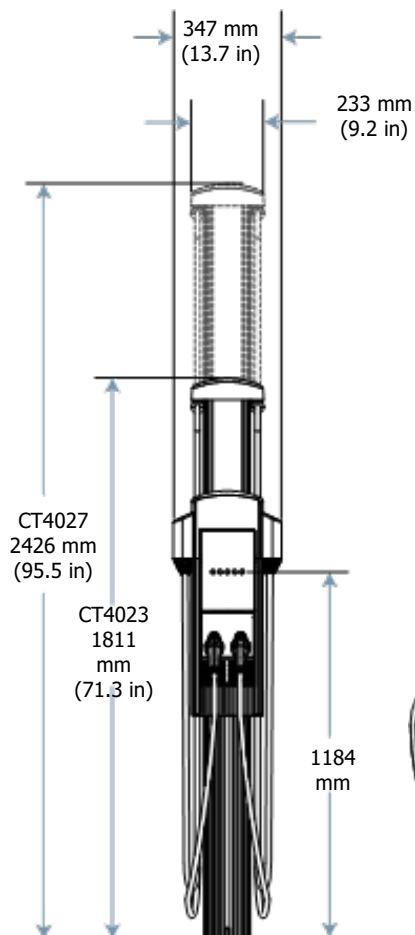
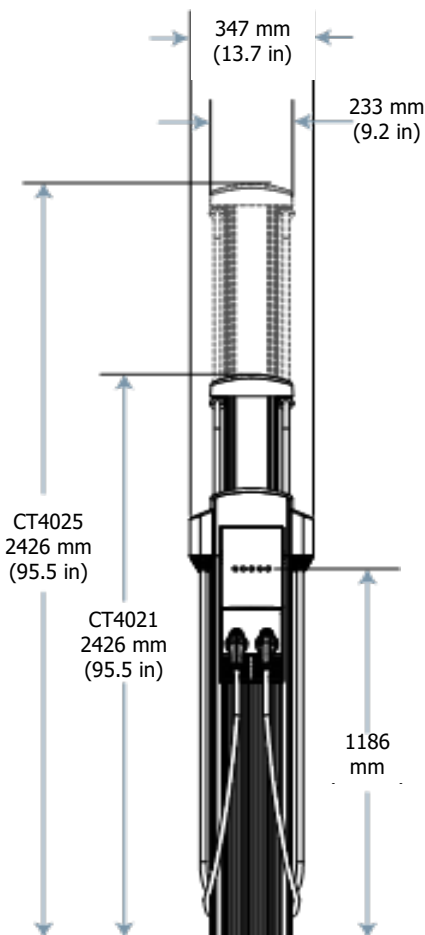
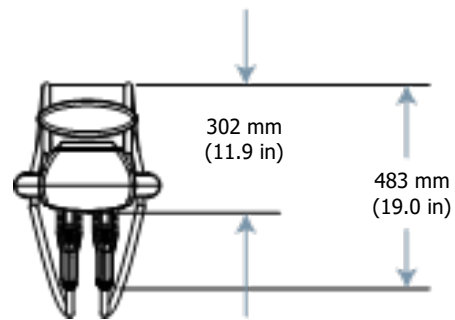
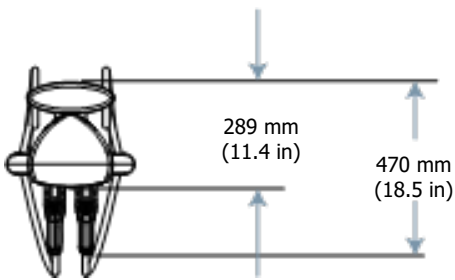
CT4025 2440 mm (8')

Bollard

CT4023 1830 mm (6')

CT4027 2440 mm (8')

Wall Mount



ChargePoint, Inc. reserves the right to alter product offerings and specifications at any time without notice and is not responsible for typographical or graphical errors that may appear in this document.

General Specifications

Electrical Input	Single Port (AC Voltage 208/240 V AC)			Dual Port (AC Voltage 208/240 V AC)		
	Input Current	Input Power Connection	Required Service Panel Breaker	Input Current	Input Power Connection	Required Service Panel Breaker
Standard	30 A	One 40 A branch circuit	40A dual pole (non-GFCI type)	30 A x 2	Two independent 40A branch circuits	40 A dual pole (non-GFCI type) x 2
Standard Power Share	n/a	n/a	n/a	32 A	One 40 A branch circuit	40 A dual pole (non-GFCI type)
Power Select 24 A	24 A	One 30 A branch circuit	30 A dual pole (non-GFCI type)	24 A x 2	Two independent 30A branch circuits	30 A dual pole (non-GFCI type) x 2
Power Select 24 A Power Share	n/a	n/a	n/a	24A	One 30 A branch circuit	30 A dual pole (non-GFCI type)
Power Select 16 A	16 A	One 20 A branch circuit	20 A dual pole (non-GFCI type)	16 A x 2	Two independent 20 A branch circuits	20 A dual pole (non-GFCI type)
Power Select 16 A Power Share	n/a	n/a	n/a	16 A	One 20 A branch circuit	20 A dual pole (non-GFCI type)
Service Panel GFCI	Do not provide external GFCI as it may conflict with internal GFCI (CCID)					
Wiring – Standard	3-wire (L1, L2, Earth)			5-wire (L1, L1, L2, L2, Earth)		
Wiring – Power Share	n/a			3-wire (L1, L2, Earth)		
Station Power	8 W typical (standby), 15 W maximum (operation)					

ChargePoint, Inc. reserves the right to alter product offerings and specifications at any time without notice and is not responsible for typographical or graphical errors that may appear in this document.

Line to Ground Voltage	120V +/- 10%
------------------------	--------------

Electrical Output

Electrical Output	Single Port (AC Voltage 208 / 240 V AC)	Dual Port (AC Voltage 208 / 240 V AC)
Standard	7.2 kW (240V AC @ 30 A)	7.2 kW (240V AC @ 30 A) x 2
Standard Power Share	n/a	7.2 kW (240 V AC @ 30 A) x 1 or 3.8 kW (240 V AC @ 16 A) x 2
Power Select 24 A	5.8 kW (240 V AC @ 24 A)	5.8 kW (240 V AC @ 24 A) x 2
Power Select 24 A Power Share	n/a	5.8 kW (240 V AC @ 24 A) x 1 or 2.9 kW (240 V AC @ 12 A) x 2
Power Select 16A	3.8 kW (240 V AC @ 16A)	3.8 kW (240 V AC @ 16 A) x 2
Power Select 24 A Power Share	n/a	3.8 kW (240 V AC @ 16 A) x 1 or 1.9 kW (240 V AC @ 8 A) x 2

Functional Interfaces

	Single Port (AC Voltage 208 / 240 V AC)	Dual Port (AC Voltage 208 / 240 V AC)
Connector(s) Type	SAE J1772™	SAE J1772™ x 2
Cable Length - 1830 mm (6 ft) Cable Management	5.5 m (18 ft)	5.5 m (18 ft) x 2
Overhead Cable Management System	Yes	
LCD Display	145 mm (5.7 in) full color, 640 x 480, 30 fps full motion video, active matrix, UV protected	
Authentication and Payment	RFID: ISO 15693, ISO 14443 Virtual RFID NFC (Tap to Charge)	

ChargePoint, Inc. reserves the right to alter product offerings and specifications at any time without notice and is not responsible for typographical or graphical errors that may appear in this document.

	Contactless credit card Virtual Contactless credit card Apple Pay Google Pay Remote: Mobile App and In Vehicle Dash (if supported by vehicle)	
Locking Holster	Yes	Yes x 2

Safety and Connectivity Features

Ground Fault Detection	20 mA CCID with auto retry
Open Safety Ground Detection	Continuously monitors presence of safety (green wire) ground connection
Plug-Out Detection	Power terminated per SAE J1772™ specifications
Power Measurement Accuracy	+/- 2% from 2% to full scale (30 A)
Power Report/Store Interval	15 minutes, aligned to hour
Wide Area Network	LTE Category 4
Supported Communication Protocols	OCPP 2.0.1
Network	All stations include integral LTE modem

Safety and Operational Ratings

Station Enclosure Rating	Type 3R per UL 50E
Safety and Compliance	UL listed and cUL certified; complies with UL 2594, UL 2231-1, UL 2231-2, NEC Article 625, CTEP/NTEP, and Energy Star
Station Surge Protection	6 kV @ 3,000 A. In geographic areas subject to frequent thunderstorms, supplemental surge protection at the service panel is recommended.
Short Circuit Current Rating	5 kA
EMC Compliance	FCC Part 15 Class A
Operating Temperature	-40 °C to 50 °C (-40 °F to 122 °F)
Storage Temperature	-40 °C to 60 °C (-40 °F to 140 °F)
Non-Operating Temperature	-40 °C to 60 °C (-40 °F to 140 °F)
Operating Humidity	Up to 85% @ 50 °C (122 °F) non-condensing

ChargePoint, Inc. reserves the right to alter product offerings and specifications at any time without notice and is not responsible for typographical or graphical errors that may appear in this document.

Non-Operating Humidity	Up to 95% @ 50 °C (122 °F) non-condensing
Terminal Block Temperature Rating	105 °C (221 °F)

ChargePoint, Inc. reserves the right to alter product offerings and specifications at any time without notice and is not responsible for typographical or graphical errors that may appear in this document.

Other Specifications

Station Weight	Wall Mount: 33.0 kg (72.7 lb) Bollard Mount: 46.6 kg (102.7 lb)
Standard Warranty	Limited 2-Year Parts Warranty

Contact Us

ChargePoint, Inc.
240 East Hacienda Avenue
Campbell, CA 95008-6617 USA

+1.408.841.4500 or
+1.877.370.3802 US and Canada toll-free

Visit chargepoint.com
Call +1.408.705.1992
Email sales@chargepoint.com

Copyright © 2025 ChargePoint, Inc. All rights reserved. CHARGEPOINT is a U.S. registered trademark/service mark, and an EU registered logo mark of ChargePoint, Inc. All other products or services mentioned are the trademarks, service marks, registered trademarks or registered service marks of their respective owners. May 2025



ChargePoint, Inc. reserves the right to alter product offerings and specifications at any time without notice and is not responsible for typographical or graphical errors that may appear in this document.