

**UNIVERSIDAD CENTRAL
VICERRECTORÍA ACADÉMICA**

**CARRERA O ESCUELA DE INGENIERÍA
ELECTROMECÁNICA**

**DISEÑO ELÉCTRICO DE UNA ELECTROLINERA QUE SIRVA
COMO MODELO PARA SER IMPLEMENTADO POR LAS
EMPRESAS DISTRIBUIDORAS**

**MODALIDAD DE TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA
ELECTROMECAÁNICA**

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:

ING. DANNY ALEJANDRO JIMÉNEZ JIMÉNEZ

ING. RANDALL SÁNCHEZ SOLANO

TUTOR:

ING. MARIO BALLAR CALVO

SEDE CENTRAL

Diciembre, 2024

Contenido

Tablas	V
Figuras	VI
Ecuaciones.....	VIII
Declaración jurada	IX
Dedicatoria y agradecimientos	X
Carta Aprobación del Tutor.....	XI
Carta de Filólogo.....	XII
Resumen (Abstract)	XIII
Capítulo I: Problema de Investigación.....	1
Planteamiento del problema.....	2
Pregunta de Investigación.....	2
Hipótesis	2
Objetivos	3
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos.....	3
Justificación.....	4
Antecedentes de movilidad eléctrica	5
Proyecciones	19
Capítulo II: Marco Teórico	21
Batería de vehículos eléctricos.....	25
Cargadores de vehículos eléctricos.....	25
Velocidad de carga	26
Modos de carga en vehículos eléctricos.....	28
Tipos de carga según tiempos de conexión	32
Tipos de conectores utilizados en carga vehicular.....	34
Flota vehículos eléctricos en Costa Rica.....	39
Datos de diseño.....	40
Capítulo III: Marco Metodológico.....	43
Enfoque de la investigación	44
Método de la investigación	45
Fuentes de información.....	46

Fuentes primarias	46
Fuentes secundarias:.....	47
Variables o unidades de análisis	47
Instrumentos	49
Alcance y delimitaciones	49
Proceso para la recolección y análisis de datos	50
Capítulo IV: Análisis de Resultados	52
Proyección de la cantidad de vehículos eléctricos en el 2030.....	53
Perfiles de carga de vehículos eléctricos	65
Conector de los VE de la flota vehicular nacional	66
Valores establecidos para el inicio de la carga rápida.....	67
Tiempo promedio en una recarga rápida vehicular	69
Impacto actual de las tecnologías de carga en las redes eléctricas	73
Coincidencia de demanda de carga y demanda pico	77
Sobrecarga local.....	78
Impacto de la distorsión armónica en la red.....	79
Posibles estrategias para mitigar el impacto de los cargadores de vehículos eléctricos en la red de distribución	80
Dimensionar los componentes eléctricos	82
Dimensionamiento eléctrico	84
Cargadores.....	84
Iluminación	85
Receptáculos o circuitos de tomacorrientes	86
Sistemas de seguridad	86
UPS telecomunicaciones	86
Potencia de centro de carga 208 V.....	87
Potencia transformadora seco	87
Potencias del Tablero de Distribución 480 V (Centro de carga 480 V)	88
Potencia de transformador de pedestal	88
Seccionadora de media tensión	89
Cálculo de corriente de la seccionadora.....	89
Cálculo de corriente de corto circuito.....	89
Corriente cortocircuito en transformador de pedestal.....	90

Corriente de corto circuito transformador seco.....	93
Determinación de los conductores.....	95
Corrientes tablero TP (480 V).....	96
Corrientes tablero TS (208 V).....	96
Corriente en sección poste- seccionadora.....	97
Dimensión de los conductores.....	97
Cálculo de caída de tensión para los circuitos.....	98
Caída de tensión tablero TP (480 V).....	99
Caída de tensión centro de carga 208 V.....	99
Sistema de puesta a tierra.....	100
Garantizar la seguridad y fiabilidad de la electrolinera.....	103
Seguridad en la infraestructura.....	104
Seguridad en el diseño eléctrico.....	106
Seguridad en la operabilidad.....	107
Costos de inversión y operación de la electrolinera diseñada.....	109
Inversión inicial.....	109
Inversión operativa.....	111
Ingresos.....	112
Planos del diseño resultante.....	114
Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones.....	125
Conclusiones.....	126
Recomendaciones.....	127
Limitaciones del proyecto.....	128
Referencias.....	130
Anexos.....	133
Anexo 1. Tablas.....	134
Anexo 2. Ficha técnica de luminarias.....	142
Anexo 3. Cotización N°21SP1992-01 de SAAE ENERGY.....	143
Anexo 4. Cotización N°102824SP-006 de ENERCOM.....	144
Anexo 5. Cotización N°1266909 de IESA.....	145
Anexo 6. Cotización de Transformadores RYMEL.....	147
Anexo 7. Especificaciones del transformador de 500KVA.....	148
Anexo 8. Certificado.....	151

Anexo 9. Fotometría DIALux	153
Anexo 10. Tabla 310.16 NFPA 70	154
Anexo 11. Planos Finales	155
Anexo 12. Fichas técnicas de centros de carga	160
Anexo 13 Cotización de Mano de Obra -ASTEC S.A	163
Anexo 14. Transcripción de las entrevistas a profesionales de empresas distribuidoras.....	166
Anexo 15. Cotización seccionadora - CFS.	170

Tablas

Tabla 1-Resumen Flota Vehicular Eléctrica (Diseño propio con datos del Ministerio de Ambiente y Energía, 2024).....	39
Tabla 2-Resumen de Ingresos de Vehículos al País (Diseño propio con datos del Ministerio de Ambiente y Energía, 2024).	41
Tabla 3-Transacciones por año.....	58
Tabla 4-Proyección CHAdeMO	60
Tabla 5- Proyección CSS1.....	62
Tabla 6-Proyección GB/T	65
Tabla 7-Tipos de conectores por cantidad de modelos	66
Tabla 8-Porcentaje de inicio de carga rápida VE	67
Tabla 9-Porcentaje de fin de carga rápida VE.....	68
Tabla 10-Tiempo de carga rápida VE	69
Tabla 11-Potencia de carga rápida VE.....	71
Tabla 12-Potencia en conector Tesla	71
Tabla 13-Potencia en conector CHAdeMO	71
Tabla 14-Potencia en conector CSS.....	71
Tabla 15-Potencia en conector GB/T.....	72
Tabla 16-Cargadores ofertados en SICOP	82
Tabla 17-Distribución de cargas 208 V	87
Tabla 18-Distribución de cargas de 480 V.....	88
Tabla 19-Especificaciones técnicas de transformador de 500 kVA.....	90
Tabla 20-Transformador seco de 45 kVA	94
Tabla 21 Impedancia (Z) de conductores.....	95
Tabla 22- I Pedestal 480 V.....	96
Tabla 23- I Circuitos Tablero 480 V.....	96
Tabla 24- I Tablero 208 V	96
Tabla 25- I Circuitos Tablero 208 V.....	96
Tabla 26-I Alimentaciones MT.....	97
Tabla 27-Calibre y Tipo de conductores	98
Tabla 28-Caída de tensión Transformador de Pedestal a Centro de carga 480 V	99
Tabla 29-Caída de tensión circuitos centro de carga 480 V	99
Tabla 30-Caída de tensión alimentación centro de carga TS	99
Tabla 31-Caída de tensión circuitos centro de carga TS.....	100
Tabla 32-Caída de tensión circuitos MT.....	100
Tabla 33-Factores varillas múltiples (IEEE 1991).....	103
Tabla 34-Registro de Automóviles (Ministerio de Ambiente y Energía, 2024)	138
Tabla 35-Vehículos tipo carga liviana (Ministerio de Ambiente y Energía, 2024)	138
Tabla 36-Acumulado de vehículos eléctricos en Costa Rica, 2024 (MINAE).	139
Tabla 37-Potencias de Carga (Fichas técnicas de Vehículos).....	141

Figuras

Ilustración 1-Batería Ácido-Plomo. Fuente https://www.cherrymortgages.com/historic_britain/Gaston_Plante_Lead_Acid_Battery.htm	6
Ilustración 2-Primer vehículo eléctrico. Fuente https://www.hotcars.com/a-detailed-look-at-gustave-trouves-wildest-ideas/	6
Ilustración 3-Primer vehículo con batería de celdas. Fuente https://bec.energy/en/e-mobility-news/brief-history-electric-car/	7
Ilustración 4- Camille Jeratzy en vehículo de carreras eléctrico. Fuente https://en.wikipedia.org/wiki/La_Jamais_Contente	7
Ilustración 5-Ford T. Fuente https://www.pinterest.com/pin/729653577110650728/	8
Ilustración 6- Relación entre puntos de carga públicos y vehículos eléctricos (AIE, 2023)	11
Ilustración 7-Tiempo de carga de un vehículo eléctrico (Mazo Ortega & Gómez Expoíto, 2019)	28
Ilustración 8-Modo de Carga 1 (berrybase, 2023).....	29
Ilustración 9-Modo de Carga 2 (berrybase, 2023).....	30
Ilustración 10-Modo de Carga 3 (berrybase, 2023).....	31
Ilustración 11-Modo de Carga 4 (berrybase, 2023).....	32
Ilustración 12-Tipos de Carga Vehicular (Diseño propio).....	34
Ilustración 13- Conector SAE J1772 (Lámpsakos, 2018).....	35
Ilustración 14-Conector Mennekes (Lámpsakos, 2018).	36
Ilustración 15-Conector CSS Tipo 1 (Lámpsakos, 2018).....	37
Ilustración 16-Conector CSS Tipo 2 (Lámpsakos, 2018).....	37
Ilustración 17-Conector CHAdeMO (Lámpsakos, 2018).....	38
Ilustración 18-Conector GB/T (Lámpsakos, 2018)	39
Ilustración 19-Crecimiento exponencial	54
Ilustración 20 Gráfico de transacciones conector CHAdeMO de Julio 2021 a Julio 2024.....	58
Ilustración 21- Grafico de tendencia en CHAdeMO.....	59
Ilustración 22- Grafico de proyección CHAdeMO	60
Ilustración 23- Grafico de tendencia en CSS1	61
Ilustración 24- Grafico de tendencia en CSS1	61
Ilustración 25 Grafico de proyección CSS1	62
Ilustración 26 - Grafico de tendencia en GB/T.....	63
Ilustración 27- Grafico de tendencia en GB/T	64
Ilustración 28 Grafico de proyección GB/T	64
Ilustración 29 - Inicio Carga Rápida VE	67
Ilustración 30-Fin de carga rápida VE.....	67
Ilustración 31- Tiempo de Carga Rapida (Diseño propio).....	69
Ilustración 32-Gráfico Potencias de Carga	70
Ilustración 33-Perfil de demanda de carga ejemplar para una red urbana de densidad media que comprende 1264 hogares sin vehículos eléctricos y con vehículos eléctricos cargados utilizando el perfil de carga del ensayo de vehículos eléctricos. Fuente: Impacto de la carga de vehículos eléctricos en la red de distribución eléctrica y soluciones de mitigación: una revisión (Inam Nutkani, 2024)	74

Ilustración 34- Distribución de probabilidad de hora de regreso a los hogares en Costa Rica. Fuente: Impacto de los vehículos eléctricos en condominios residenciales (Soto Zuñiga, 2023) ...	75
Ilustración 35-Curva de Potencia de la Generación Eléctrica de Costa Rica. Fuente: MINAE.....	75
Ilustración 36-Calidad del voltaje. Fuente: Norma Técnica: Calidad del Voltaje de Suministro (SUCAL) de la ARESEP	79
Ilustración 37-Star Charge.....	83
Ilustración 38-Cargador Setec Power	83
Ilustración 39-Blueberry.....	83
Ilustración 40-Base para diseño (creación propia).....	85
Ilustración 41-Fotometría Dialux (Diseño Propio)	86
Ilustración 42-Método de Wenner (Ingeniería eléctrica).....	101
Ilustración 43 Área sistema puesta a tierras.....	102
Ilustración 44-Diseño arquitectónico de la electrolinera.....	114
Ilustración 45-Transformador 500 kVA 34.5 kV a 480 V y seccionadora 3 vías 34.5 kVA 200 A	115
Ilustración 46-Cuarto eléctrico.....	116
Ilustración 47-Ejemplo de conexión de cargador	117
Ilustración 48-Ficha técnica de las cajas subterráneas	117
Ilustración 49-Planta de iluminación y telecomunicaciones	118
Ilustración 50-Ficha técnica de las canalizaciones subterráneas.....	118
Ilustración 51-Diagrama eléctrico unifilar	119
Ilustración 52-Planta de tomacorrientes y sistema de detección	119
Ilustración 53-Unifilar sistema de detección	120
Ilustración 54-Diagrama de telecomunicaciones	120
Ilustración 55-Alambrado de interruptores con sistema puesta a tierra convencional	121
Ilustración 56-Alambrado de tomas con sistema de puesta a tierra convencional únicamente ...	122
Ilustración 57-Etiquetado en placas para salidas de datos, rotulación de circuitos y típico de identificación de conductores	123
Ilustración 58-Típico de conexión a tierra en cajas de paso, distancias típicas-salidas instaladas en pared y bordes de pared, y típico de conexión a tierra en tomacorrientes.....	123
Ilustración 59-Típico de fijación de luminaria de empotar, esquemático para conexión de fotocelda y salidas eléctricas en ubicaciones de televisiones	123
Ilustración 60-Distribución centro de carga 208 V	124
Ilustración 61-Distribución centro de carga 480 V	124
Ilustración 62-Resumen de proyecto	124

Ecuaciones

Ecuación 1-Tiempo de carga	26
Ecuación 2-Potencia total	40
Ecuación 3-Potencia total	41
Ecuación 4-Potencia transformador trifásico	87
Ecuación 5-Corriente trifásica	89
Ecuación 6-Corriente de transformador.....	91
Ecuación 7-Corriente de cortocircuito	91
Ecuación 8-Corriente de cortocircuito	91
Ecuación 9-Corriente de cortocircuito	94
Ecuación 10-Caída de tensión	98
Ecuación 12-Resistividad eléctrica	101
Ecuación 13-Resistividad total	102

Dedicatoria y agradecimientos

En primera instancia queremos agradecer a Dios por habernos permitido cumplir este anhelo de llegar a la parte final de esta etapa en nuestras carreras universitarias, por habernos brindado la vida, la salud, el tiempo y la capacidad intelectual y emocional que este arduo trabajo requiere durante todo el período en que se ejecutó.

Cada uno agradece a su respectiva esposa, Ana Mena y Adriana Delgado; y al resto de nuestras familias que nos han apoyado de manera incondicional y juntamente con nosotros han sacrificado de su tiempo, energía y voluntad para motivarnos a llegar hasta el final y acompañarnos durante el camino.

Al profesor Ing. Mario Ballar quien ha sido nuestro tutor durante toda la elaboración del documento y ha puesto de su tiempo a nuestra disposición, involucrándose más allá de una mera asignación laboral, si no que se comprometió con el proyecto como propio y con quien hemos logrado desarrollar una amistad en este proceso.

A todas las personas profesionales de las empresas ESPH, COOPEGUANACASTE, ICE y CNFL que nos han aconsejado, guiado y compartido sus experiencias de forma desinteresada y han enriquecido el contenido de este documento.

De esta manera, otorgar nuestros más sinceros agradecimientos a todos ustedes y a los no mencionados que, de alguna forma, colaboraron con su ayuda fundamental para poder darle fin a este proyecto.

Resumen (Abstract)

En atención al desafío que se presenta en nuestro país por la creciente demanda eléctrica que genera el ingreso exponencial de vehículos eléctricos y al considerar también las medidas que ha acogido el Gobierno de la República con el objetivo de impulsar, promover y aumentar la adquisición de estos por parte de la población, esta investigación busca conocer cuáles son los principales requerimientos técnicos que debe poseer una infraestructura eléctrica en aras de satisfacer las principales necesidades, donde se ha tomado en cuenta las tendencias de uso y los protocolos de carga existentes, y así desarrollar un diseño adecuado que funcione como referencia para su implementación en las empresas distribuidoras de energía eléctrica. La investigación se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo que considera estadísticas de uso y cálculos matemáticos específicos. Esto se logró a través de la revisión de historiales de transacciones en estaciones de carga existentes, el estudio de normativas vigentes, la consulta de investigaciones previas en sitios web y la utilización de programas informáticos para el análisis de datos y la confección del diseño. Durante la investigación se contó con la participación de varios profesionales en el área de la movilidad eléctrica nacional, entre ellos: ESPH, COOPEGUANACASTE e ICE, quienes aportaron conocimientos y datos a través de entrevistas realizadas virtualmente. Se logró identificar cuáles son los componentes eléctricos trascendentales para el desarrollo de la electrolinera y sus características técnicas más importantes. Se hace énfasis en la recomendación de realizar estudios de mercadeo adicionales para determinar las ubicaciones geográficas más convenientes y la necesidad de escalar las dimensiones de los componentes propuestos.

Capítulo I: Problema de Investigación

Planteamiento del problema

La creciente demanda de vehículos eléctricos ha generado una necesidad urgente de infraestructura de carga adecuada. La gran variedad de marcas de automotores y los diferentes tipos de conectores de carga que hay en el mercado, se suman a la falta de estándares y diseños unificados para electrolineras, lo que dificulta su implementación a gran escala por parte de las empresas distribuidoras. Esta situación, además de retrasar la adopción de vehículos eléctricos y limitar el desarrollo de un mercado sostenible, genera incertidumbre e incomodidad en los usuarios de vehículos eléctricos, que deben lidiar con una infraestructura de carga escasa e inapropiada, que muchas veces es también vandalizada. Debido a esto, la presente investigación tiene como objetivo llenar este vacío al proponer un diseño eléctrico prototipo y replicable que sirva como modelo a la industria nacional para sentar las bases de la optimización y la eficiencia energética, donde se garantice el proceso de carga de los vehículos eléctricos de manera cómoda y segura.

Pregunta de Investigación

¿Qué características técnicas y de diseño debe poseer una electrolinera para optimizar los procesos de carga rápida y eficiente para que se convierta en un prototipo a seguir para las distribuidoras eléctricas, la cual contribuya a la expansión de la movilidad eléctrica?

Hipótesis

La implementación de un diseño eléctrico estandarizado para electrolineras basada en criterios de eficiencia energética y seguridad permitirá a las empresas distribuidoras acelerar el despliegue de la infraestructura de carga donde se reduzcan los costos operativos y se promueva la adquisición de vehículos eléctricos.

Objetivos

Objetivo General.

Desarrollar el diseño eléctrico de una electrolinera que sirva como referente técnico para su implementación por parte de las empresas distribuidoras de energía eléctrica y así optimizar la eficiencia energética y la seguridad en el proceso de carga de vehículos de este tipo.

Objetivos Específicos.

- 1) Caracterizar los perfiles de carga de la flota nacional de vehículos eléctricos, mediante la identificación de los tipos de vehículos, patrones de carga, tipos de conectores y demandas energéticas asociadas.
- 2) Evaluar el impacto de las diversas tecnologías de carga en las redes eléctricas de las distribuidoras, donde se analice la influencia de las diferentes tecnologías de carga en la estabilidad y eficiencia del sistema eléctrico nacional.
- 3) Dimensionar los componentes eléctricos (transformadores, cables, protecciones, etc.) necesarios para una electrolinera, donde se considere la potencia requerida, las normas técnicas aplicables, así como la densidad de puntos de carga requerida.
- 4) Asegurar la operación y fiabilidad del diseño planteado, por medio de la identificación y la mitigación de los posibles riesgos operativos que cumplan con las normativas vigentes de los estándares de seguridad.
- 5) Cuantificar los costos de implementación y operación de la electrolinera diseñada en comparación con modelos convencionales.

Justificación

La creciente demanda de vehículos eléctricos a nivel nacional ha generado la necesidad de desarrollar una infraestructura de carga eficiente y accesible. Ante este panorama, el diseño de electrolinerías surge como una iniciativa para atender dicho desarrollo.

El presente estudio se enfoca en el diseño eléctrico de una electrolinería que sirva como modelo para ser implementado por las empresas distribuidoras, con el objetivo de contribuir en la transición hacia una movilidad más sostenible y reducir la dependencia de los combustibles fósiles basados en aspectos como:

- 1) Configuración eléctrica que garantice una operación segura y confiable de la electrolinería, donde se minimicen las pérdidas energéticas.
- 2) Identificación y selección de los componentes eléctricos más adecuados (cargadores, transformadores, sistemas de control) en función de criterios de eficiencia, seguridad y costo.
- 3) Análisis de las implicaciones para la conexión de la electrolinería a la red eléctrica existente, donde se tomen en cuenta aspectos como la demanda de potencia y la calidad de la energía.

La metodología de investigación comprende las siguientes etapas:

- 1) Se realizará una revisión exhaustiva de la literatura científica y técnica existente sobre el diseño de electrolinerías, tecnologías de carga y normativas vigentes.
- 2) Se estudiarán casos reales de implementación de electrolinerías a nivel nacional e internacional para identificar las buenas prácticas, así como los desafíos.
- 3) Se desarrollará un diseño eléctrico detallado de la electrolinería, incluyendo planos, cálculos y especificaciones técnicas.

- 4) Se utilizarán herramientas de simulación para evaluar el desempeño del diseño y optimizar su funcionamiento.
- 5) Se realizará un análisis de los costos de inversión y operación de la electrolinera para evaluar su viabilidad económica.

La investigación proporcionará un diseño de referencia a las empresas distribuidoras para facilitar la implementación de electrolineras a gran escala, con la intención de mitigar el cambio climático y la mejora de la calidad del aire al promover el uso de vehículos eléctricos.

Asimismo, se desarrollará una metodología que puede ser replicada en futuros estudios sobre electrolineras para el enriquecimiento y colaboración de este tema, y así sentar bases y precedentes de la forma de trabajo en que han surgido y cómo mejoran estas a través del tiempo.

Finalmente, se debe mencionar que en el desarrollo del proyecto se contará con herramientas de diseño, software de simulación, así como la colaboración de expertos en el tema.

Antecedentes de movilidad eléctrica

A través de la historia de la humanidad, gran número de profesionales han realizado importantes aportes en distintas áreas de estudio para la creación de vehículos eléctricos y las diferentes partes que los componen. Inicialmente estos vehículos eran de un tamaño reducido y su capacidad de almacenamiento de energía no brindaba una autonomía funcional.

Uno de los principales hitos revolucionarios de la industrialización eléctrica fue la invención de la batería, debido a que antes de este evento no existían métodos de almacenamiento de energía viables. Esto fue logrado por el físico francés Gaston Planté en el año 1859 con la invención de la batería de plomo-ácido recargable.

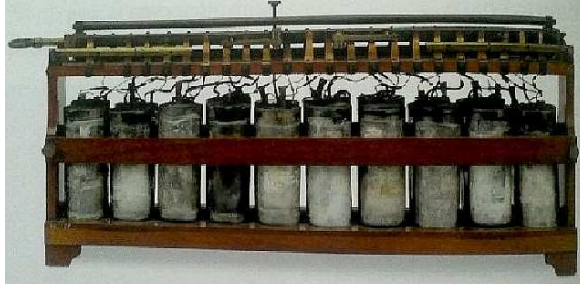


Ilustración 1-Batería Ácido-Plomo. Fuente https://www.cherrymortgages.com/historic_britain/Gaston_Plante_Lead_Acid_Battery.htm

En 1881 se registran los primeros indicios de un vehículo eléctrico, el cual consistía en un chasis apoyado en tres ruedas y movilizado por un motor eléctrico modificado para mejorar su rendimiento, cuyo inventor fue Gustave Pierre Trouvé.



Ilustración 2-Primer vehículo eléctrico. Fuente <https://www.hotcars.com/a-detailed-look-at-gustave-trouves-wildest-ideas/>

Luego, el químico estadounidense William Morrison crea el primer automóvil eléctrico exitoso en 1890. El vehículo contaba con una batería de 24 celdas de ácido-plomo que suministraba una tensión de 48 voltios y una capacidad 112 amper/ hora. El vehículo era de tracción trasera y entregaba una potencia de 4 HP con una velocidad máxima de 32 km/h y una autonomía de 80 kilómetros, por su parte, la carga de la batería tardaba 10 horas.



Ilustración 3-Primer vehículo con batería de celdas. Fuente <https://bec.energy/en/e-mobility-news/brief-history-electric-car/>

De esta manera, los vehículos eléctricos empezaron a ganar fama en diferentes ambientes como las carreras de automóviles y en 1899 el corredor automovilístico Camille Jeratzy rompe el récord de velocidad a bordo de un vehículo eléctrico alcanzando los 105,9 km/h. Por otra parte, para este año el 90% de los taxis en automotores en la ciudad de Nueva York eran eléctricos.



Ilustración 4- Camille Jeratzy en vehículo de carreras eléctrico. Fuente https://en.wikipedia.org/wiki/La_Jamais_Contente

Para el año siguiente, las ventas de autos eléctricos superaban a la de los vehículos de combustión interna y los de vapor. Sin embargo, en 1907 sale al mercado el icónico modelo T de la marca Ford que fue el primer automóvil construido en masa y, debido a que se avecinaban los primeros rasgos de la revolución industrial, representaba un menor costo de fabricación, a lo que se sumó que el combustible fósil podía conseguirse con mayor facilidad en aquella época, lo que llamó la atención de una gran cantidad de personas y sacó del foco central al automóvil eléctrico

que, por sus limitaciones de autonomía y precio de aquel momento, no fue capaz de competir con lo ofrecido por la combustión interna.



Ilustración 5-Ford T. Fuente <https://www.pinterest.com/pin/729653577110650728/>

Sin embargo, desde ese momento a la actualidad las condiciones han cambiado, por ejemplo hay una nueva mentalidad de la sociedad sobre la importancia de las energías verdes y su impacto en el medio que lo rodea; el alto costo de los combustibles fósiles que escasean, asimismo, que la tecnología de punta alcanzada sobre el almacenamiento, utilización y aprovechamiento de la energía eléctrica vuelve a desplazar al automóvil de combustión del primer lugar en ventas y coloca nuevamente al vehículo eléctrico como el mejor medio de transporte en cuanto a la relación de costos y beneficios.

Así, el aumento de la incorporación de vehículos eléctricos a nivel mundial ha sido altamente exponencial. Para el año 2016 se registraban dos millones de vehículos eléctricos a nivel mundial, mientras que para el 2023 el número se estimaba cerca de los 14 millones, esto según el informe anual de Global EV Outlook 2023.

Sin embargo, la gran mayoría de las nuevas adquisiciones se encuentran focalizadas en algunos sectores particulares. Según el Centro de Movilidad Sostenible, China ha incorporado el 60% de todas las ventas mundiales, mientras que Europa se ha dejado el 25%, seguido de Estados Unidos con un 10% abarcando el 95% de todas las ventas mundiales.

En el informe anual Global EV Outlook 2024, se logra prever un aumento significativo en la adquisición de vehículos eléctricos por parte de los países en desarrollo, debido a la generación de políticas públicas implantadas por los diferentes gobiernos en aras de aumentar el uso de vehículos electrificados y disminuir el consumo excesivo de combustibles a base de petróleo.

Asimismo, para el año 2050 según el informe anual Drive Electric Campaign el 30% de la demanda mundial de transporte será cero emisiones, para lo cual todos los socios globales que incluyan ONG, fundaciones y coaliciones que trabajan en estrecha colaboración con gobiernos y empresas de todo el mundo, se comprometen a trabajar a través de políticas inteligentes para impulsar la oferta y demanda de vehículos eléctricos.

Adicional a esto, otro dato que suma a estos esfuerzos lo encontramos en el informe nombrado Economics of Electric Vehicles for Passenger Transport (Aspectos económicos de los vehículos eléctricos para transporte de pasajeros) donde se publicaron los resultados para un estudio realizado a 20 países distribuidos por todo el mundo, en el cual se concluyó que más de la mitad se beneficiaría económicamente con la adaptación a transportes eléctricos en lugar de los convencionales.

Por todo lo anterior, también se indica que el cambio hacia la movilidad eléctrica sería mucho más trascendental para aquellos países en los cuales su medio de transporte predominante no es el automóvil personal, así como en los que son importadores netos de petróleo y en aquellos donde los vehículos son más económicos, según indica el Banco Mundial en su artículo: “Vehículos eléctricos: beneficios económicos y ambientales para los países en desarrollo” (GRUPO BANCO MUNDIAL, 2022)

El mismo artículo supra citado asegura que *“Las recompensas financieras pueden ser considerables, aun si se tiene en cuenta el costo inicial, que supone una prima de entre el 70 % y*

el 80 % respecto de los vehículos que funcionan con combustibles fósiles, dado que los eléctricos —desde los scooters hasta los autobuses— son más baratos de operar y mantener. Los costos de mantenimiento más bajos por sí solos pueden suponer un ahorro de USD 5000 durante toda la vida útil del vehículo, lo que excede el gasto más elevado que conlleva usar electricidad como combustible. Debido a que muchos países de ingreso bajo y mediano gravan la gasolina y subvencionan la electricidad, el ahorro es aún mayor.”

Por otro lado, como parte de los estudios se ha manifestado que, si se procura el aumento de vehículos eléctricos, se debe aumentar también la cantidad de puntos de recarga. Aunque actualmente la gran mayoría de procesos de recarga se realiza desde los hogares, es necesario la implementación de puntos de recarga para promover el uso de este tipo de tecnología en áreas rurales y, además, procurar la sustitución de los motores convencionales. Según la Agencia de Energía Internacional (IEA por sus siglas en inglés), *“A fines de 2022, había 2,7 millones de puntos de recarga públicos en todo el mundo, ..., un aumento de aproximadamente el 55 % con respecto a 2021 y comparable a la tasa de crecimiento previa a la pandemia del 50 % entre 2015 y 2019”*. No obstante, la mayoría de estos equipos se encuentran en China, por lo que existe una constante necesidad de aumentar la cantidad de equipos en el resto del mundo, especialmente en países en desarrollo. Por ejemplo, en Noruega, para el año 2011 había casi el mismo número de cargadores públicos que vehículos eléctricos, lo que favoreció el interés de las personas y disminuyó las complicaciones de tener acceso a cargas en diferentes puntos del país, alcanzando en el 2022 una relación de 25 vehículos eléctricos por cada cargador.

Según el mismo informe: *“El crecimiento de las ventas de vehículos eléctricos solo puede sostenerse si la demanda de carga se satisface con una infraestructura accesible y asequible, ya*

sea mediante la carga privada en los hogares o en el trabajo, o mediante estaciones de carga de acceso público”

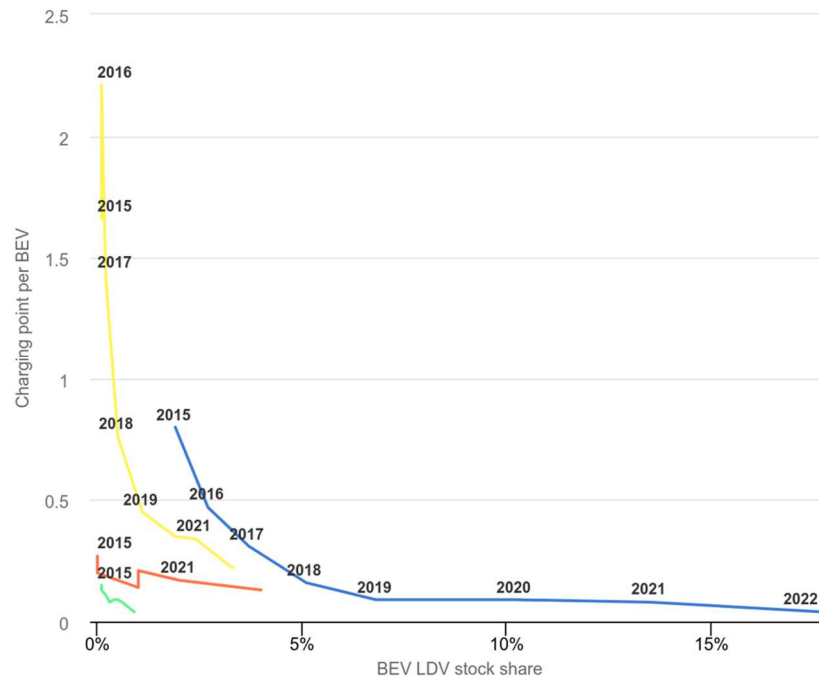


Ilustración 6- Relación entre puntos de carga públicos y vehículos eléctricos (AIE, 2023)

Costa Rica, reconocida por su biodiversidad y compromiso ambiental, ha impulsado fuertemente la transición hacia una movilidad eléctrica. El país ha experimentado un crecimiento exponencial en la adopción de vehículos eléctricos, pasando de 678 en 2014 a cerca de 15.500 en 2024 esto según datos del MINAE. Este aumento ha generado una creciente demanda por infraestructura de carga, donde se pone en evidencia la necesidad de ampliar y mejorar la red de estaciones de carga para satisfacer las necesidades de un parque vehicular cada vez más electrificado.

En el ámbito nacional, no se cuenta con registro exacto del ingreso de los primeros vehículos eléctricos, no obstante, se tiene conocimiento de que el Instituto Nacional de Aprendizaje recibió una donación a inicios de la década de los noventa de automóviles marca

Daihatsu Charade cuya fuente de almacenamiento de energía consistía en un conjunto de baterías de ácido-plomo, información que fue confirmada por el profesor Norman Valle Saenz perteneciente a dicha institución.

En adición a esto, el primer vehículo eléctrico registrado en nuestro país data en 1996 y fue un sedán marca Force, el cual disponía de las mismas prestaciones que un vehículo similar de combustible fósil de ese tiempo. Este vehículo fue importado al país por la Compañía Nacional de Fuerza y Luz. Un año más tarde se incluyó en la flotilla de esta institución el primer autobús eléctrico modelo AVS-22 de la marca Solectria y un pick up modelo E-10 de la misma marca. En 1999 se añadieron otros 4 vehículos marca Flash, todos estos vehículos, operan con baterías de ácido-plomo.

En el año 2008 y 2009 empezaron a ingresar al país otros vehículos eléctricos marca REVA que contaban con una autonomía de 120 km y es considerado para ser utilizado en la ciudad. En el 2011 ingresa al país un autobús marca Zonda que contaba con todas las comodidades de un autobús de combustión interna. Posteriormente, en el 2014 ingresan al país los vehículos eléctricos marca Mitsubishi Miev, estos vehículos cuentan con una autonomía de 160 km y una batería de litio. Este vehículo puede ser cargado en carga rápida con corriente continua y carga lenta en corriente alterna.

De la misma forma, en busca de promover la movilidad eléctrica y una mejor aceptación por parte de la ciudadanía, se crea la ley la Ley 9518 que funcionó como el detonante para que iniciara la movilidad eléctrica en el país. Producto de esta ley en el 2018 se instala la primera estación de carga rápida de Costa Rica y Centroamérica, en la sucursal de Escazú de la CNFL. El equipo consiste en un cargador con una potencia de 50 kW y dos conectores.

Luego, en base a esta ley 9518 y el decreto 41642 del MINAE se realizó la propuesta para la instalación de 47 puntos de carga rápida por todo el país. Debido al crecimiento acelerado de la flota eléctrica vehicular las distribuidoras han buscado ampliar la red de recarga rápida alcanzando a junio del 2024 un total de 59 estaciones de carga rápida.

Según un artículo del periódico La República, para el año 2022 Costa Rica era el cuarto país con más cargadores a nivel mundial con 276 instalaciones para un total de 446 conectores, sin embargo, según muestran algunas fuentes como artículos emitidos por La República (Camarillo, 2022) y empresas como Avolta Energy (AVOLTA ENERGY, 2022) y otros, estos puntos de carga no darán abasto debido a tres razones principales que se explican a continuación.

En primer lugar, existe una desigualdad en la distribución geográfica donde se encuentran localizados los cargadores. Se observa que la abrumadora mayoría de estos se encuentra en San José, según un artículo del diario La República, la distribución tiene la siguiente tendencia: *“San José tiene 68, en segundo lugar se encuentra Puntarenas con 63 y Alajuela tercero con 34. Le siguen Guanacaste con 31 puntos y Heredia con 17. En los últimos puestos se encuentran las provincias de Limón con nueve electrolinerías y Cartago con ocho”* (Herrera, 2023).

En segundo lugar, aunque Costa Rica sigue estando en la delantera de países con más puestos de carga, lo cierto es que se encuentran concentrados en puntos de mayor flujo vehicular dificultando los viajes a largas distancias o en zonas rurales.

Por último, pese al alto número de cargadores en zonas urbanas, la mayoría de estos dispositivos son de carga semirrápida, esto ocasiona largas filas de usuarios en los centros de carga rápida para tener acceso a la conexión; lo que vendría en detrimento de los objetivos planteados por el Gobierno de la República.

Ahora bien, el crecimiento de la flota del país se ha acelerado exponencialmente según los datos registrados por el MINAE y mencionados anteriormente. Según el diario Infobae, Costa Rica es uno de los países que más vehículos eléctricos introduce en Latinoamérica junto con Colombia y Chile. La proyección estimada en el Plan Nacional de Descarbonización permite prever que este número seguirá creciendo en el tiempo.

En el año 1996, con el fin reducir el impacto negativo ocasionado por los vehículos con motores de combustión interna y debido al desarrollo de nuevas tecnologías en vehículos eléctricos que se venía dando en California en la década de los noventa, se creó en Costa Rica el Decreto N°25473-MOPT-MINAE, mediante el cual se establece la Unidad Ejecutora del Transporte Eléctrico, integrada por un Consejo Superior (MOPT, MINAE y CNFL), lo que permitió abrir paso a los inicios de la movilidad eléctrica en el país. La función del consejo superior era planificar, promocionar y ejecutar proyectos de transporte eléctrico e introducir el uso de la energía eléctrica como sustituto de los combustibles fósiles.

Luego, para el año 2007, el gobierno de Costa Rica anunció las medidas para convertirse en el primer país en lograr la neutralidad de carbono para 2021, lo que ratificó esta información en el 2009 en la Cumbre de la ONU sobre Cambio Climático y, en avance de este mismo objetivo, en octubre del 2015 se presentó ante la Asamblea Legislativa el documento “Ley de Incentivos y Promoción para el Transporte Eléctrico” que fue identificado como Proyecto de Ley N°19744. Este se elevó a discusión en el Plenario y se aprobó a finales del año 2017, por unanimidad y así se originó la Ley N.º 9518 de Incentivos y Promoción para el Transporte Eléctrico firmada el 25 de enero del año 2018.

Posterior a la aprobación de esta ley se dio una evolución acelerada de la movilidad en Costa Rica, debido a que esta ley tiene como objetivo “*crear el marco normativo y fortalecer las*

políticas públicas para incentivar el uso de automotores eléctricos en las instituciones públicas, dentro del sector productivo y en la ciudadanía en general” (La Asamblea Legislativa de La República De Costa Rica, 2018).

Por tanto, las distribuidoras de electricidad quedan como las encargadas de la implementación de los centros de carga, así como su construcción y funcionamiento. Ahora los puntos de carga en carreteras nacionales deben construirse con un máximo de 80 km y en caminos cantonales será de cada 120 km, y como ente supervisor para la creación de esta red de recarga rápida se establece el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE).

El octubre del 2019, producto del artículo 31 de la ley 9518 se crea el decreto ejecutivo N.º 41642 "Reglamento para la construcción y el funcionamiento de la red de centros de recarga eléctrica para automóviles eléctricos por parte de las empresas distribuidoras de energía eléctrica". En esta ley se establecen características como los puntos en los cuales se deben instalar las estaciones de carga rápida, tipos de alianza que pueden realizar las distribuidoras para los puntos de colocaciones, así como las disposiciones generales de las plataformas e información con los que debe contar un centro de carga rápida.

Asimismo, en el año 2015, posterior a una investigación realizada por la CNFL sobre las tendencias mundiales y desarrollo de la tecnología de movilidad eléctrica, se reveló que las ventas de vehículos eléctricos se aceleraban en los países que establecen una ley de promoción o iniciativas públicas de apoyo que permitieran solventar las barreras propias para el crecimiento, por tanto, bajo esta premisa se coordinó la comisión de “Incentivos y Promoción para el Transporte Eléctrico” con el fin de proponer un proyecto que atendiera las tres principales necesidades de los usuarios que adquieren vehículos eléctricos, que son: en primer lugar, lograr bajar el precio de manera que compita con el vehículo de combustión; en segundo lugar, reducir el tiempo de carga

para asemejarse al utilizado en una gasolinera y, por último, desarrollar una infraestructura en el país que disminuya el efecto ansiedad esperando que la tecnología vaya poco a poco aumentando la autonomía de los vehículos eléctricos.

Así, la promoción de la movilidad eléctrica en Costa Rica por la ley 9518 se enfocó en la creación de incentivos para los usuarios de vehículos eléctricos en los primeros 5 años posterior a la aprobación de esta ley, dentro de los cuales se encontraban:

- Exoneración aplicada según valor del vehículo.
- Exoneración del impuesto general sobre las ventas.
- Exoneración del impuesto selectivo de consumo.
- Exoneración del impuesto sobre el valor aduanero.
- Exoneración de los repuestos de los vehículos eléctricos.
- Exoneración del equipo para el ensamblaje y la producción de vehículos eléctricos.
- Exoneración del impuesto a la propiedad de automóviles para los vehículos eléctricos.
- No estarán sujetos los vehículos eléctricos a la restricción vehicular.
- Exoneración del pago de parquímetros.

Así, esta ley en busca de promover la descarbonización de la flota de automóviles establece algunas pautas para el ámbito vehicular público y también que la energía eléctrica renovable sea una prioridad para el transporte público nacional incluidos los ferrocarriles, trenes, buses, taxis y cualquier otro medio de transporte que sea posible en el país.

Asimismo, esta ley 9518 actúa como un catalizador que impulsa el crecimiento de la flota de vehículos eléctricos. Durante los primeros cuatro años, las agencias se dedicaron exclusivamente a comercializar vehículos europeos y japoneses; sin embargo, en el 2022 las agencias de automóviles inician a comercializar autos eléctricos provenientes del oriente

principalmente de China, ya que cuentan con precios más accesibles, lo que ha contribuido a un crecimiento acelerado la flota vehicular eléctrica nacional.

En 2015 el mundo enteró presenció un hito en la lucha contra el cambio climático. El Acuerdo de París marca un punto histórico en el que muchos países, incluido Costa Rica, se han comprometido a crear un plan para descarbonizar sus industrias: este es el resultado de desprender el crecimiento económico del aumento de carbono en la atmósfera. Las medidas tomadas por muchos de estos países no son nuevas para Costa Rica, sino que se han realizado por décadas, con alcances sorprendentemente positivos como lo fue la puesta en marcha de uno de los pocos sistemas eléctricos de descarbonización del mundo. Esto coloca a este país como uno de los pioneros en aplicar energía verde siendo de referencia de otras naciones.

En esta dirección, el Gobierno de la República ha creado un documento llamado *Plan Nacional de Descarbonización* como el resultado de su compromiso adquirido en el Acuerdo de París. En este documento se detalla la ruta de objetivos que se esperan lograr y los procedimientos trazados para alcanzarlos en diferentes aristas. El documento se divide en 10 ejes principales, de los cuales los dos primeros están relacionados con la movilidad eléctrica.

Por otro lado, es trascendental para cumplir los objetivos planteados cambiar el uso del medio de transporte principal de vehículos que utilizan combustible fósil a propulsados de forma eléctrica, esto tanto en ambientes públicos como privados, de transporte de personas, de flotas vehiculares empresariales, entre otros.

Según el Plan Nacional de Descarbonización el objetivo de la República de Costa Rica es que “*En 2035, un 30% de la flota de vehículos ligeros - privados e institucionales será eléctrica. En 2050, el 95% de la flota - será de cero emisiones*” así como también indica “*analizar modelos*

de negocio que propicien a que el sector privado acelere la consolidación de puntos de recarga rápidos”.

Debido al acelerado incremento del uso de la tecnología eléctrica en el mercado de automóviles mundialmente, ha sido necesaria la normalización de muchas operaciones que conlleva, no sólo la fabricación de estos vehículos, sino las actividades relacionadas a sus labores de mantenimiento y carga.

De la misma manera, la norma *ISO 6469-3 Seguridad eléctrica en vehículos eléctricos* pretende disminuir alguna duda relativa a la protección y al riesgo de descargas de los vehículos eléctricos e híbridos, cuyo principal objetivo es asegurar a los usuarios de los peligros asociados a usar la electricidad en este tipo de automóviles. Las pruebas de seguridad eléctrica son las más importantes en los vehículos eléctricos puesto que el conductor viaja sobre un motor que opera hasta 600V en lugar de uno de combustión interna. Asimismo, la seguridad eléctrica debe verificarse en el sistema de potencia, el cargador embarcado de la batería, el cableado de potencia, la línea y conector de carga dentro del vehículo, y también en las estaciones de recarga.

En Costa Rica gran número de los centros de carga rápida instalados por las distribuidoras, cuentan con potencias de entrega de alrededor de 60 kWh por vehículo y en muchas ocasiones los centros de carga permiten la posibilidad de cargar únicamente un automóvil a la vez, lo que ocasiona aglomeraciones de vehículos en centros de carga rápida, sobre todo en las horas de alta demanda.

Otra problemática que se ha presentado en los últimos años es que basados en la ley 9518 los cargadores debían ser de conector estándar europeo- estadounidense (CSS1) y del estándar Japones (CHAdeMO); no obstante, a partir del 2022 en Costa Rica se integraron a la flota vehicular

nuevos modelos con conector de estándar chino (GB/T), lo que ocasionó que gran número de centros de carga que se encontraban ya instalados no sean funcionales para este tipo de vehículos.

Ahora bien, con el objetivo de incentivar a la población a ser parte del cambio climático y garantizar por parte de las distribuidoras un servicio de carga rápida más ágil para los usuarios de vehículos eléctricos, se realizará una investigación y análisis de datos con el fin de determinar las características ideales para el diseño eléctrico de una electrolinera de carga rápida, se analizarán las tecnologías más adecuadas, potencias de carga de los vehículos y aspectos de los componentes eléctricos a utilizar para proponer una solución que puede complementar la red de recarga rápida vehicular en Costa Rica.

Proyecciones

- 1) Con este proyecto se busca conocer cuáles son los requisitos técnicos pertinentes para la confección de un diseño eléctrico en una estación de carga rápida para vehículos eléctricos con cargadores acordes a la necesidad de la flota vehicular y sus características, tanto en potencia como en tecnología para garantizar la continuidad del servicio 24/7 tal como se establece en la ley 9518.
- 2) El diseño que se espera realizar se basa en un dimensionado a escala, es decir, se establecerá una cantidad de cargadores por cada cierta cantidad de vehículos recargables, por lo que, en caso de implementarse el diseño se deberá realizar un análisis regional y mercadológico sobre la demanda en la región de interés y ajustarlo según la dimensión propuesta.
- 3) Se procura justificar a través del análisis de las tecnologías de carga presentes en el mercado actual cuál es la opción con mayor impacto según los patrones de carga y

demandas asociadas para ser utilizado en este diseño satisfaciendo la mayor parte del parque vehicular.

- 4) Se proyecta que el diseño planteado sea una solución viable y que pueda ser implementada por diferentes empresas eléctricas en aras de solventar la necesidad del aumento de la flota vehicular eléctrica.
- 5) Se espera que la investigación permita conocer las normativas y estándares de seguridad apropiados para el desarrollo de un diseño apto y confiable.
- 6) Finalmente, se pretende establecer un modelo de mercado que permita desarrollar las estaciones de servicio como negocios rentables de manera que sea beneficioso tanto para el inversor como para los usuarios.

Capítulo II: Marco Teórico

El auge que ha tenido la movilidad eléctrica ha generado una demanda creciente por infraestructuras de carga eficientes y accesibles, bajo este escenario, el diseño eléctrico de estaciones de carga adecuadas se posiciona como un campo de investigación estratégico, con implicaciones directas en la transición hacia un transporte más sostenible.

La investigación en el diseño de electrolineras se ha intensificado en los últimos años, impulsada por diversos factores, entre ellos:

- La implementación de políticas que promueven la movilidad eléctrica en numerosos países.
- La evolución de las baterías de los vehículos eléctricos y el desarrollo de nuevas tecnologías de carga rápida, las cuales han planteado nuevos desafíos y oportunidades de mejora en el diseño de este tipo de estaciones de carga especializadas.
- La necesidad de integrar las electrolineras en las redes eléctricas inteligentes para optimizar la gestión de la energía y mejorar la eficiencia del sistema.

En este capítulo se pretende desarrollar la teoría relevante que ha sido recabada durante el proceso de investigación. Se cubrirá información como definiciones básicas para el posterior desarrollo del tema, fórmulas para el cálculo de las variables cuantitativas competentes, equipos existentes en el mercado que pueden ser considerados para la selección del diseño final, entre otros.

El diseño eléctrico de una electrolinera implica la consideración de múltiples factores, entre los que se destacan:

- Selección de cargadores, transformadores, sistemas de control y protección de los elementos físicos que los componen, así como los criterios de eficiencia, seguridad y compatibilidad con diferentes tipos de vehículos eléctricos.

- Arquitectura eléctrica: Diseño de una configuración eléctrica que garantice una operación segura y confiable de la electrolinera al minimizar las pérdidas energéticas y maximizar la disponibilidad de espacios para los usuarios.
- Integración a la red: Análisis de las implicaciones de conectar la electrolinera a la red eléctrica existente, mediante la consideración de aspectos como la demanda de potencia, la calidad de la energía y la regulación eléctrica.
- Gestión de la carga: Desarrollo de estrategias de gestión de carga para optimizar el uso de la infraestructura al considerar factores como las tarifas eléctricas, la disponibilidad de energía y las preferencias de los usuarios.

Con todo esto, en el desarrollo de una electrolinera es de suma importancia conocer cuáles son las tecnologías de carga que se encuentran en tendencia para poder cubrir el mercado nacional, para esto se realizará una investigación de los tipos de carga, tipos de conectores y las tendencias de las transacciones realizadas por los usuarios en los centros de carga de la CNFL.

Para comprender el funcionamiento de los cargadores de vehículos eléctricos es vital comprender cuál es el propósito por el cual han sido creados y evolucionados para aumentar su eficiencia.

Por otro lado, los vehículos son medios de transporte que logran la automoción al transformar la energía potencial de un combustible en fuerza motriz. En el caso de los automóviles con motores de combustión interna, logran obtener su potencia a través de la quema de un combustible fósil dentro de cámaras internas del motor y que, a través de un proceso mecánico y químico, transforma esa energía en un movimiento giratorio axial. Sin embargo, al agotarse el combustible también se detiene la producción de fuerza motriz porque ha perdido su fuente. Por

esto, se puede definir el término de autonomía como la capacidad de un vehículo de desplazarse la mayor distancia con la menor cantidad de combustible (o energía) posible.

Por su parte, los vehículos eléctricos operan con un motor que, en síntesis, alimentan bobinas con cargas electromagnéticas para hacer girar un centro motriz, lo que permite obtener el mismo resultado que el motor de combustión interna. Sin embargo, es necesario mantener las bobinas continuamente alimentadas de corriente eléctrica para conseguir el trabajo deseado, de lo contrario el motor se detendría. Para lograr la automoción se requiere almacenar energía eléctrica dentro del vehículo que permita alimentar las bobinas durante un tiempo prolongado y para el cometido de este objetivo los vehículos eléctricos cuentan con una batería principal.

La autonomía de un vehículo eléctrico se determina por la distancia que es capaz de recorrer en condiciones normales (sin contratiempos o de forma continua) con una carga del 100% hasta descargarse. La batería de este vehículo funciona de una forma similar al depósito de combustible de su contraparte: ambas son capaces de almacenar energía durante un tiempo para ser utilizada en el desplazamiento del automóvil, pero que necesita ser constantemente abastecida para evitar el agotamiento y la paralización de la máquina. Aunque la energía eléctrica no es algo tangible, todo el proceso descrito previamente requiere su almacenamiento (batería), alimentación (cargador) y producción (circuito), rubros que serán abordados paulatinamente en el desarrollo de este documento.

El presente estudio se inscribe en esta línea de investigación y pretende aportar las siguientes contribuciones:

- Diseño innovador: Desarrollo de un diseño eléctrico optimizado que considere las últimas tendencias en tecnología de carga y las necesidades específicas del mercado.

- Modelo replicable: Creación de un modelo de electrolinera que pueda ser adaptado y replicado por las empresas distribuidoras al facilitar la expansión de la infraestructura de carga.
- Optimizar costos: Análisis de los precios de inversión y operación de la electrolinera, con el objetivo de proponer soluciones que minimicen los gastos y maximicen la rentabilidad.

Batería de vehículos eléctricos

En la actualidad, la gran mayoría de baterías en vehículos eléctricos están constituidas de ion y litio, estas se componen de muchos paquetes de pequeñas pilas y su número varía tanto como existen fabricantes. Podemos deducir que debido a que todas las baterías presentan cantidades, tamaños y capacidades de pilas y paquetes distintos, así también presentan diferencias a la hora de cargar y descargar la energía acumulada.

En esta misma línea, la capacidad de la batería se mide en kilovatios-hora (kWh). Cuanto mayor sea la capacidad, más energía podrá almacenar y, por lo tanto, mayor será la autonomía del vehículo eléctrico. Este rubro es equivalente a la cantidad de litros almacenados en un tanque de combustible de un vehículo convencional.

Cargadores de vehículos eléctricos

En virtud de solventar la necesidad de recarga de las baterías de este tipo de automóviles, ha surgido la invención de los cargadores para vehículos eléctricos. Como cualquier otra invención, debido a su alta demanda mundial, la tecnología ha logrado crear soluciones realmente eficientes de este tipo de equipo.

Uno de los principios de una batería es que cuenta con una polaridad definida, es decir, la corriente se traslada de forma continua, o bien, en una sola dirección de negativo a positivo. Entre

tanto, los cargadores, la mayoría del tiempo, toman la energía de la red de distribución más cercana, la cual se mueve de forma alterna. Esta diferencia desencadena que deba existir un rectificador de corriente entre la red de aporte de energía y el sistema eléctrico del automóvil. Cada automotor tiene un circuito que ajusta la energía aportada por el rectificador para introducirla en la batería y el cual tiene un límite de trabajo que restringe la entrada de corriente al valor condicionado por el circuito.

Así, el caudal de corriente que es capaz de suministrar un cargador de baterías se puede medir en kilovatios (kW). No obstante, la velocidad de carga será el rubro menor entre la capacidad del cargador de entregar corriente y la capacidad del vehículo en recibirla.

Velocidad de carga

Para calcular el tiempo de carga de una batería eléctrica se necesita realizar el siguiente cálculo:

$$\textit{Tiempo de carga (h)} = \textit{Capacidad de la batería (kwh)}/\textit{Capacidad del cargador (kw)}$$

Ecuación 1-Tiempo de carga

Por ejemplo, si la capacidad de la batería de un vehículo es de 30 kWh y se conecta a una fuente que entrega 2.4 kW se puede estimar que el tiempo de duración será de 12.5 horas. Ahora bien, se puede concluir que el tiempo de carga de una batería dependerá de tres factores principales: la capacidad de almacenamiento de la batería, la capacidad de entrega del cargador y la capacidad de producción del circuito alimentador.

Por otro lado, los cargadores catalogados como rápidos contienen un rectificador de corriente interno con mayor capacidad de trabajo que el que puede portar un vehículo. Por esta razón, la corriente es suministrada en polaridad directa y en muy altas cantidades de amperios por

segundo, lo que reduce significativamente el tiempo de llenado de la batería. Estos cargadores pueden superar con facilidad los 40 kW de carga.

De esta manera, si se toma como referencia la misma batería de 30 kWh mencionada en el ejemplo anterior conectada a un cargador rápido en corriente directa que tiene una capacidad de 40 kW, se pueden estimar un tiempo de 45 minutos para cargar la batería, lo que es un fuerte contraste contra las 12.5 horas que se demora cargando la misma batería con un cargador convencional.

Hay que destacar que la velocidad de carga de una batería no sucede de forma lineal o gradual, es decir, no tiene el mismo patrón de velocidad al 10% que al 90%, sino que su capacidad de recibir corriente se ve disminuida entre más alto sea su nivel de carga, lo que genera estrés en la batería y puede afectar su tiempo de vida útil. Es por esta razón que la mayoría de los fabricantes de vehículos disponen de un algoritmo para que la batería se desconecte de forma automática una vez alcanzado este nivel de carga.

Cuando se carga la batería de un vehículo eléctrico ocurre la condición representada como una curva de carga: al inicio empieza a llenarse lentamente, aumentando su velocidad significativamente poco a poco y luego se ralentiza drásticamente cuando ha alcanzado aproximadamente el 80% de carga. La batería de un vehículo eléctrico tarda aproximadamente el mismo tiempo en cargarse del 80% al 100% que del 10% al 80%, o incluso demorar aún más tiempo.

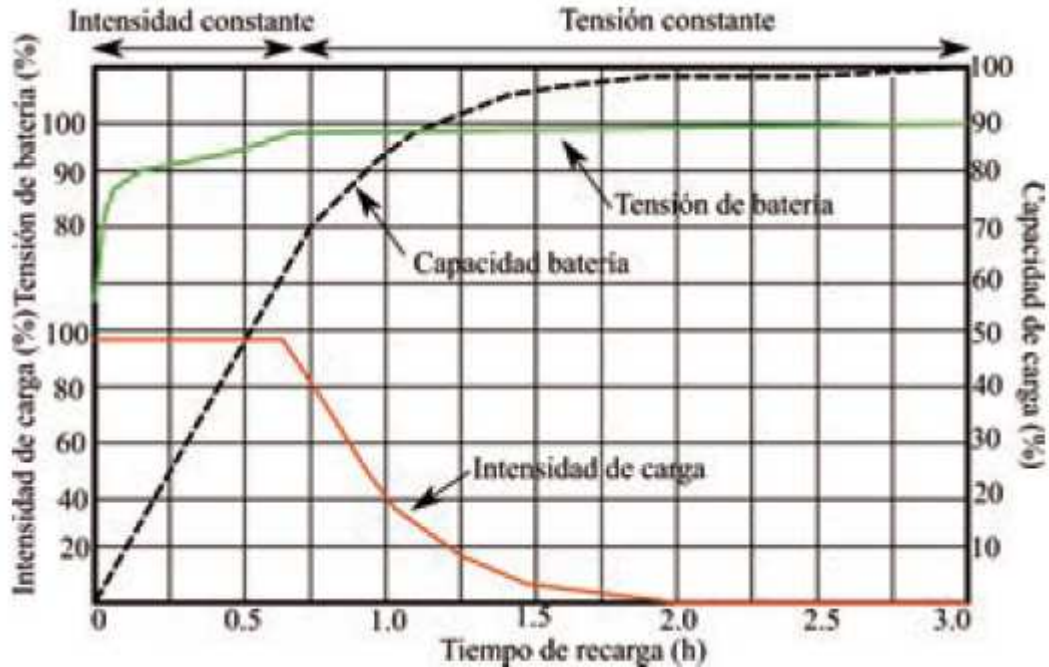


Ilustración 7-Tiempo de carga de un vehículo eléctrico (Mazo Ortega & Gómez Expoito, 2019)

En la Ilustración 7-Tiempo de carga de un vehículo eléctrico podemos ver el proceso de carga de un vehículo eléctrico donde este tiene una duración de tres horas y, al analizar la gráfica, podemos apreciar que el proceso de carga inicia muy cercano al cero por ciento de la capacidad de la batería y se mantiene en un incremento lineal hasta alcanzar el ochenta por ciento de ella. Hasta este punto, el tiempo de carga es de aproximadamente 45 minutos; luego, al alcanzar el ochenta por ciento, se inicia una variación de la intensidad de carga y la tensión, lo que ocasiona que este tiempo entre ochenta por ciento y el cien por ciento sea de una hora y cuarenta cinco minutos. Este comportamiento del proceso de carga es muy similar en la mayor parte de los vehículos eléctricos y la principal diferencia es el porcentaje inicial y final del proceso de línea de carga.

Modos de carga en vehículos eléctricos

La velocidad de carga de la batería es directamente proporcional a la potencia entregada por el cargador y, en ese sentido, los niveles de carga se pueden dividir en cuatro modos ampliados

según lo estipula la norma internacional IEC 61851-1 (Comisión Electrotécnica Internacional , 2017), los cuales se explican a continuación:

Modo 1 -Instalación doméstica. El modo de carga uno se caracteriza por tratarse de una conexión directa del vehículo a un tomacorriente estándar doméstico de corriente alterna sin que sea necesario el uso de un equipo especial para la conexión del automotor. Al tratarse de una conexión directa a un circuito ramal, en algunas ocasiones se sobrecarga, lo que genera la activación de los elementos de protección.

En el caso de Costa Rica, este tipo de carga se utiliza principalmente para las generaciones de automóviles eléctricos más antiguas además de motocicletas, bicicletas y scooter eléctricos. Por lo tanto, su participación actual es muy limitada.

La potencia nominal de este modo de carga es de 3.7 kW, no obstante, debido a que los tomacorrientes domésticos en Costa Rica operan a 120 V y con un máximo 20 A, la potencia máxima sin que se genere la activación de los sistemas de protección es de 2.4 kW, lo que lleva a periodos de carga de 6 a 10 horas.

Este primer modo de carga opera con el inversor AC/DC que posee el vehículo.



Ilustración 8-Modo de Carga 1 (berrybase, 2023)

Modo 2 – Instalación doméstica con protección y control. El modo de carga tipo dos se clasifica como carga lenta y, al igual que en el modo uno, se conecta el vehículo a un tomacorriente estándar, pero entre el vehículo y el enchufe se encuentra un dispositivo que hace la función de

control y además cuenta con una protección contra descargas eléctricas. La potencia nominal es hasta de 2.2 kW en circuitos monofásicos y 11 kW en circuitos trifásicos.

En este modo dos la potencia se encuentra limitada por la instalación eléctrica y el inversor ubicado en el vehículo realiza la rectificación de la corriente de carga.

Sin embargo, en Costa Rica es muy poco utilizado el modo de carga tipo dos, debido a que el estándar de tensión en los tomas de las viviendas es de 120 V monofásica, lo que ocasiona que la potencia máxima que pueden suministrar estos dispositivos al vehículo no sea superior a 2.4 kW sin causar afectaciones al circuito eléctrico del edificio, por lo cual su uso se utiliza en vehículos eléctricos principalmente en casos de emergencia donde no se cuenta con un punto de alimentación de mayor capacidad eléctrica o en algunos vehículos híbridos recargables.



Ilustración 9-Modo de Carga 2 (berrybase, 2023)

Modo 3 – Equipo de carga vehicular conectado a corriente alterna en tomacorriente designado. El modo de carga tres se caracteriza porque en el proceso de carga a los vehículos eléctricos se les suministra energía mediante un equipo que se encarga del control y la protección, el cual funciona conectado a la red de corriente alterna.

La potencia que suministra la carga tipo 3 va desde los 3,7 kW hasta los 22 kW en corriente alterna, esto permite una carga más rápida en los vehículos con mayor capacidad en sus baterías. Los periodos de carga para este modo suelen ser entre 6 y 8 horas.

También, los cargadores tipo 3 poseen una terminal especial que se coloca en el vehículo, estas se encargan de permitir la comunicación entre el automóvil y el cargador, además de la entrega de energía, con el fin de que se realice una carga más controlada y eficiente en los vehículos.

En este modo, el cargador cuenta con un control inteligente que gestiona la seguridad y el proceso de llenado de la batería. Estos equipos cuentan con protecciones de sobrecarga, cortocircuito, diferencial y puesta a tierra, lo que los hacen muy seguros para el vehículo y para el usuario.

El control inteligente de los cargadores tipo 3 permite la comunicación con el vehículo y este a su vez puede ser enlazado a una plataforma de operación que podemos controlar desde un ordenador o un teléfono, lo que nos brinda algunas facilidades como:

- Verificación de que el vehículo eléctrico está correctamente conectado.
- Potencias de carga.
- Configuración de horarios de carga.
- Transmisión de información sobre la corriente máxima.



Ilustración 10-Modo de Carga 3 (berrybase, 2023)

Modo 4-Equipo de carga que entrega al vehículo corriente continua, conectado a una red de suministro en corriente alterna. En el modo de carga 4 se realiza una carga en corriente

continúa directamente a la batería del vehículo, lo que hace que sea mucho más rápido que los modos anteriores.

El cargador utilizado para el modo de carga cuatro convierte la corriente alterna en una directa por medio de un inversor interno y, para realizar de forma exitosa el proceso, las terminales cuentan con líneas de comunicación, lo que permite una interacción continua durante el proceso de carga entre el vehículo y el cargador.

En este modo cuatro las potencias de los cargadores superan los 40 kW, lo que ocasiona que la infraestructura para puesta en operación de un cargador sea más costosa. Por otro lado, la velocidad de la carga está definida por la potencia del punto de carga, por las características de las baterías de los vehículos y su capacidad de recibir energía.



Ilustración 11-Modo de Carga 4 (berrybase, 2023)

Tipos de carga según tiempos de conexión

La velocidad de carga de la batería de los vehículos también está relacionado a la fuente de alimentación a la se conecte este, lo cual definirá los niveles de carga en base al periodo necesario para realizarla. Según Eva Pañero (Pañero, 2019) estas se pueden clasificar en carga lenta, carga semirrápida y carga rápida, las cuales explicaremos a continuación con base en los parámetros de los estándares nacionales.

Carga lenta. Es el tipo de carga más sencilla y accesible porque se puede encontrar en cualquier enchufe doméstico tipo A y tipo B, en corriente alterna monofásica a una tensión de 120 V y, debido a las características de los circuitos residenciales en Costa Rica, su potencia máxima es de 2.4 kW.

Este tipo de carga se utiliza comúnmente durante la noche o en casos de emergencia. El tiempo varía entre 6-10 horas, ya que depende del tipo de batería que incorpore el vehículo.

Carga semirrápida. En Costa Rica es el tipo de carga más utilizado tanto en residencias como en zonas públicas. Este tipo de carga es alimentada a través de una corriente monofásica a una tensión de 240 V, con corrientes entre los 32 y 50 A, lo que permite suministrar potencias entre 7.2 y 14 kilowatts.

El tiempo de carga de un vehículo en un punto semirrápido se encuentra entre las 4 y 8 horas, esta varía según la capacidad de la batería del vehículo.

Asimismo, este tipo de cargadores cuentan con control piloto durante la operación para el monitoreo de variables como la temperatura, el porcentaje de carga e incluso de refrigeración para evitar una afectación en el equipo.

Carga rápida. En Costa Rica el decreto 9518 indica que las estaciones de carga rápida deben ser instaladas por las empresas distribuidoras y se establece también que deben contar con potencias superiores a los 40 kWh.

De esta manera, la carga rápida consiste en un sistema de recarga vehicular que suministra al automotor una gran cantidad de energía en periodos de tiempo muy cortos, logrando cargas del 20% al 80% en periodos de 5 a 40 minutos, según las características de la batería de cada vehículo.

Este tipo de carga requiere un alto nivel de comunicación entre el vehículo y el cargador para proteger la integridad de estos dos elementos, así como del usuario. Mediante este proceso de

comunicación el vehículo le define al equipo la potencia de carga que la batería puede recibir según parámetros como la temperatura y el nivel con el que cuenta hasta ese momento.

Los tipos de carga vehicular basados en tiempo de conexión del vehículo los podemos relacionar con los modos establecidos en la norma IEC 61851-1, Ilustración 12-Tipos de Carga Vehicular (Diseño propio).

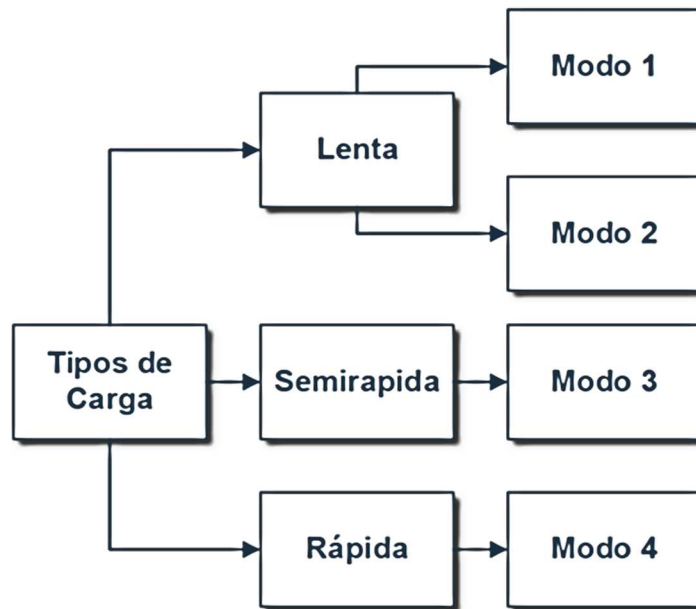


Ilustración 12-Tipos de Carga Vehicular (Diseño propio).

Tipos de conectores utilizados en carga vehicular

En los procesos de carga de vehículos se han incursionado muchas y nuevas tecnologías con el fin de garantizar que el proceso sea lo más seguro para el vehículo, el usuario y el circuito de carga. Se explicarán los conectores más utilizados a continuación.

Conector tipo SAE J1772. La revista consultoría energética (Consultoria L.a., 2023) indica que el conector SAE J1772 fue creado acorde a la norma IEC 62196-2 y fue adoptado por los americanos y los europeos, por lo que es el más usado para la carga de vehículos eléctricos. La

potencia nominal de este tipo de conector es de 7.4 kW carga semirrápida y cuenta con cinco bornes: un borne de tierra, dos bornes de alimentación y dos bornes para comunicación.

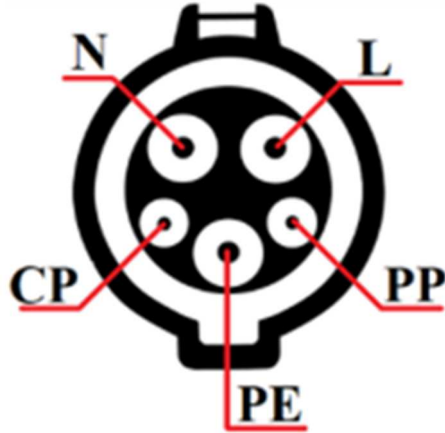


Ilustración 13- Conector SAE J1772 (Lámpsakos, 2018)

Conector Mennekes. Este conector fue creado en Europa acorde a la norma IEC 62196-2, con el fin de mejorar el conector SAEJ1772 debido a que se buscaba proporcionar corriente alterna tanto monofásica como trifásica a los vehículos. El conector Mennekes puede proporcionar desde 16 amperios para carga lenta en un circuito monofásico hasta 63 amperios para carga rápida en un circuito trifásico.

Por su lado, este tipo de conector dispone de cuatro bornes de alimentación: un borne de tierra y dos de comunicación y fue seleccionado por la Comisión Europea como conector de carga oficial, “es posible utilizar el Tipo 2 para transferir hasta 120kW de potencia en aplicaciones distintas a los coches eléctricos.” (Consultoria L.a., 2023); lo que hace que este conector sea cada vez más utilizado por los fabricantes de automóviles eléctricos.



Ilustración 14-Conector Mennekes (Lámpsakos, 2018).

Conector Único Combinado CSS. Esta conexión surgió como una necesidad del mercado de aumentar la capacidad de carga, por lo cual buscó mejorar los conectores estándar existentes. Para cumplir este requisito se adaptaron al conector dos pines para permitir el paso de energía en CD.

Esta tecnología fue acogida por los fabricantes de automóviles norteamericanos y europeos que implementaron en los vehículos eléctricos el sistema de carga combinado para ser utilizados en corriente continua.

Una importante característica de este conector es que puede suministrar en carga hasta 350 kW y, cuando se trata de la distribución del conector, esta consiste en pines de los estándares de carga SAE J1772 (Tipo 1) y Mennekes (Tipo 2) con 2 líneas de potencia por donde suministra la corriente continua, al momento de la carga, este último tipo de conector “admite recargas lentas, semi - rápidas, rápidas y ultra rápidas. Se puede recargar en AC 1 fase, AC 3 fases, DC en casa y DC carga muy rápida” (Hernández Chiva, 2016).

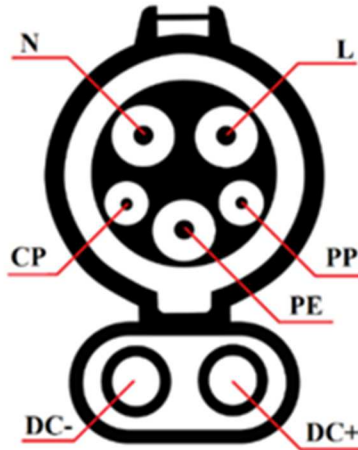


Ilustración 15-Conector CSS Tipo 1 (Lámpsakos, 2018)

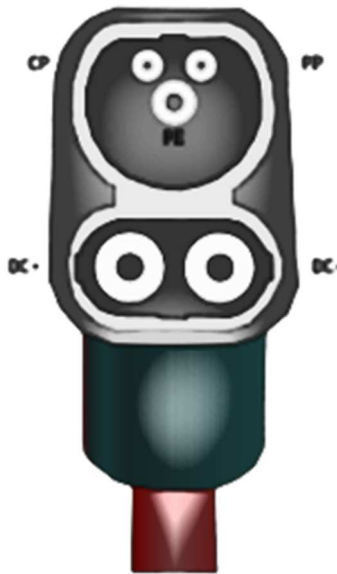


Ilustración 16-Conector CSS Tipo 2 (Lámpsakos, 2018)

Conector CHAdeMO. El conector CHAdeMO o tipo 4 acorde a la norma IEC 62196-3 es de origen japonés y su nombre proviene del acrónimo de «charge de move».

El conector CHAdeMO se creó con el fin de cargar vehículos eléctricos en corriente continua en muy cortos periodos de tiempo y es capaz de soportar 500 kilovatios (kW) de potencia.

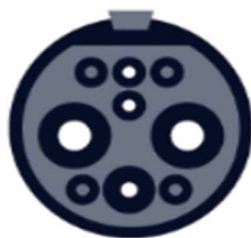
Este tipo de conector ha perdido con el paso del tiempo relevancia y varios fabricantes han cambiado su uso por el conector CSS.

El conector CHAdeMO incluye dos pines de potencia para entrega de energía en corriente continua, siete pines de señal y uno sin asignación.



Ilustración 17-Conector CHAdeMO (Lámpsakos, 2018)

Conector GB/T. Otro tipo de conector es el GB/T, el cual fue creado en China bajo la norma 20234.3 y logró incluirse en las normas internacionales IEC 61851-23 y 24, está diseñado para soportar carga rápida en corriente continua y rápidas en alterna, tanto en servicios monofásicos como trifásicos. Una importante característica de este conector es que se fabrica exclusivamente en el mercado chino, está preparado para funcionar a 1.000 V de corriente continua y 250 amperios, lo que proporciona velocidades de carga de hasta 250 kW. Por su parte, el conector GB/T se caracteriza porque “el conector de AC tiene 7 bornes y el de DC tiene 9 y la comunicación en este conector se realiza por CAN BUS” (Hernández Chiva, 2016).



GB/T

Ilustración 18-Conector GB/T (Lámpsakos, 2018)

Flota vehículos eléctricos en Costa Rica

Según datos del Ministerio de Ambiente y Energía para mayo del 2024 en nuestro país se cuenta con una flota vehicular de gran variedad de marcas y modelos; en anexo 1 y 2 se muestra una lista que se analizará para ser tomada en consideración al realizar el diseño y se considerarán únicamente los vehículos que pueden operar en carga rápida. Asimismo, en la tabla 1 podremos observar la capacidad promedio de la batería según el tipo de vehículo.

Tipo de Vehículo	Estilo	Cant. Marcas	Cant Modelos	Capacidad promedio de batería
Automóvil	CROSSOVER	1	1	16,0
Automóvil	HATCHBACK	11	11	41,8
Automóvil	JEEP	1	1	142,7
Automóvil	SEDÁN	15	15	76,2
Automóvil	SUV	37	37	68,5
Carga liviana	PANEL	1	1	44,9
Carga liviana	PICK UP	4	4	76,8

Tabla 1-Resumen Flota Vehicular Eléctrica (Diseño propio con datos del Ministerio de Ambiente y Energía, 2024).

Datos de diseño

Para establecer la potencia total del diseño eléctrico se debe tomar todas las cargas necesarias y hacer la sumatoria de estas para lo cual se hará un análisis de las capacidades de carga de los vehículos eléctricos que han ingresado al país y se realizará un promedio de potencias basado en la Tabla 37-Potencias de Carga (Fichas técnicas de Vehículos) del Anexo 1 y, además, una investigación en las hojas de datos de los vehículos registrados; así como la revisión de estos en un registro del Ministerio de Ambiente y Energía que se mantiene actualizado tal y como lo indica la ley 9518.

Para el cálculo de la potencia recomendada para los cargadores se estimará tomando las potencias de carga de los vehículos y se calculará una media aritmética:

$$W_{bat} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W_{max}$$

Ecuación 2-Potencia total

W_{bat} = Potencia máxima promedio de carga de las baterías (kW)

W_{max} = Potencia máxima de carga de los vehículos. (kW)

N = Cantidad de modelos de vehículos.

De este modo, para calcular la cantidad de usuarios potenciales de la electrolinera es necesario realizar una proyección para conocer la cantidad de vehículos eléctricos que formarán parte del parque vehicular nacional en el año 2030. Por tanto, para llegar a este dato se analizarán las tablas aportadas por MINAE en su página oficial (ver anexo 1), de la cual se extrajeron los elementos más relevantes para esta investigación descritos en la siguiente tabla:

Año	Ingresos de autos	Ingreso VE	Porcentaje
2018	62188	193	0.31
2019	51713	457	0.88
2020	36339	611	1.68
2021	41693	1026	2.46
2022	41230	1564	3.79
2023	65091	4920	7.56
2024	68346		16
2025	71763		25
2026	75351		30

Tabla 2-Resumen de Ingresos de Vehículos al País (Diseño propio con datos del Ministerio de Ambiente y Energía, 2024).

Posteriormente, basados en los datos obtenidos del análisis anterior podremos conocer la tasa de crecimiento del país para luego sectorizar y poder estimar la cantidad de vehículos que habrá para el año propuesto en distintas ciudades del GAM (2030). Esta información será considerada para estimar la cantidad de cargadores necesarios para satisfacer la demanda al plazo calculado.

La carga más considerable para tomar en cuenta en el diseño son las relacionadas con los cargadores y, en base al número de estaciones, se realizará el cálculo de cargas correspondientes al circuito de iluminación, los circuitos de tomas generales y otras cargas necesarias para la operación de la electrolinera.

La potencia se calculará según la siguiente fórmula:

$$W_{total} = \sum WC + \sum WI + \sum WT \sum W_{oc}$$

Ecuación 3-Potencia total

W_{total} = Potencia total del diseño (kVA).

W_C = Potencia de Cargadores(kVA).

W_I = Potencia de Iluminación(kVA).

W_T =Potencia de tomacorrientes. (kVA).

W_{oc} =Potencia otras cargas. (kVA).

Así, con base en el cálculo de potencias se realizará la selección de los transformadores, en este caso es necesario dos transformadores con las siguientes características:

- Transformador principal que convierte la media tensión a baja tensión 34 500V a 480 V y un transformador.
- Transformador secundario para circuitos auxiliares 480 V a 208 V.

Por otro lado, el diseño eléctrico por proponer tomará como guía de consulta el Código Eléctrico NFPA 70, el manual de criterios para el diseño de redes aéreas de distribución eléctrica (CNFL) y el manual para redes eléctricas de distribución subterránea (CFIA).

Capítulo III: Marco Metodológico

Enfoque de la investigación

El tipo de enfoque que se utilizará en este trabajo será una investigación cuantitativa, la cual se *“caracteriza porque utiliza la lógica o el razonamiento deductivo y un planteamiento específico de lo que se va a investigar, el cual se delimita desde el inicio del estudio”* (Ileana Ulate Soto, 2012), esto debido a que los resultados que se esperan obtener de las herramientas utilizadas son valores numéricos (estadística y cálculos de valores energéticos para el diseño) y los resultados esperados no deberían variar por observaciones o criterios; ya que, en la naturaleza del proyecto, la realidad es inmutable ante perspectivas personales. También se considera que el estudio es probatorio y se desarrolla a través de una investigación secuencial. De los valores numéricos y los resultados obtenidos de la investigación cuantitativa se realizará el diseño de la electrolinera propuesta en este proyecto.

Tomando en cuenta las características propias de este proyecto de investigación se centrará en dos enfoques:

Enfoque descriptivo: mediante este tipo de investigación se *“busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencia de un grupo o población”* (Hernández R, 2010). En este proyecto se plantea valorar el contexto actual del país con base en las variables establecidas en la investigación para los vehículos eléctricos y los centros de carga rápida vehiculares.

Enfoque Explicativo: este tipo de investigación *“pretende establecer las causas de los eventos, sucesos o fenómenos que se estudian”* (Hernández R, 2010), por tanto, en este trabajo investigativo, se llevará a cabo la recolección de datos y hallazgos que fundamentan con criterio técnico las características en la elaboración del diseño de una electrolinera.

Método de la investigación

La investigación se estructuró en siete etapas distintas y complementarias, con el objetivo de abordar de manera integral todas las áreas de interés relevantes y asegurar que ningún aspecto crucial quedará excluido. La segmentación en etapas ayudó a desarrollar la investigación de forma sistemática, lo que permitió abarcar de una manera más profunda cada tema estudiado. Las etapas fueron las siguientes:

1. Análisis de tecnologías de carga: evaluar las tecnologías disponibles en términos de potencia, tiempo de carga y compatibilidad con diferentes vehículos.
2. Evaluación de ventajas y desventajas: comparar las tecnologías identificadas y seleccionar la más adecuada para este proyecto.
3. Definición de la arquitectura de la electrolinera: diseñar la estructura conceptual y física de la electrolinera al considerar los requisitos técnicos y normativos competentes.
4. Revisión de normativa: analizar la normativa nacional e internacional aplicable a la instalación y operación de electrolineras.
5. Diseño detallado de la electrolinera: elaborar los planos y especificaciones técnicas del diseño.
6. Selección de componentes: elegir los componentes eléctricos, mecánicos y de software adecuados para la electrolinera.
7. Evaluación económica: cuantificar los costos a invertir y de operación del diseño propuesto para la electrolinera.

Fuentes de información

Fuentes primarias: “*Contienen información original que ha sido publicada por primera vez y que no ha sido filtrada, interpretada o evaluada por nadie más. Son producto de una investigación o de una actividad eminentemente creativa. Componen la colección básica de una biblioteca y pueden encontrarse en soporte impreso o digital.*” (UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA, s.f.) . Con base en esto, esta investigación utilizará como fuente primaria la plataforma de datos de transacciones realizadas en cargadores rápidos propiedad de la CNFL, la cual indica la frecuencia de transacciones, tiempo utilizado, montos, tecnología utilizada y otra información importante para los cálculos requeridos. También se recurrirá a las tablas publicadas por el MINAE sobre ingresos de vehículos eléctricos al país (Tabla 2-Resumen de Ingresos de Vehículos al País (Diseño propio con datos del Ministerio de Ambiente y Energía, 2024).), la oferta nacional de vehículos eléctricos (Tabla 34-Registro de Automóviles (Ministerio de Ambiente y Energía, 2024), la Tabla 35-Vehículos tipo carga liviana (Ministerio de Ambiente y Energía, 2024) y un análisis realizado con base en las fichas técnicas de los vehículos referentes a las potencias de carga (Tabla 37-Potencias de Carga (Fichas técnicas de Vehículos). Además de las tablas anteriores, se tomará la ruta establecida por el MINAE referente a la cantidad y ubicación de los cargadores. Finalmente, dentro de las fuentes primarias se consideran las normas ISO 6469-3 Seguridad en Vehículos Eléctricos, UNE-EN 6185-1 O IEC 6185-1, el sistema conductivo de carga para vehículos eléctricos (modos de carga) y las nacionales INTE N121:2020 - Infraestructura de centros de recarga para Vehículos Eléctricos (VE), INTE N120:2020 - Identificación de compatibilidad de vehículos e infraestructuras, además de la Ley 9518 - “Incentivos y promoción para el transporte eléctrico” y el Plan Nacional de Descarbonización.

Se concretaron tres entrevistas con personal calificado y experimentado de empresas como ESPH, GOOPEGUANACASTE y del ICE que brinde su opinión y puntos de mejora sobre el trabajo de investigación.

Fuentes secundarias: *“Contienen información primaria, sintetizada y reorganizada. Están diseñadas para facilitar y maximizar el acceso a las fuentes primarias o a sus contenidos. Componen la colección de referencia de una biblioteca. Se utilizan cuando no se tiene acceso a la fuente primaria por una razón específica, cuando los recursos son limitados y cuando la fuente no es confiable. Permiten confirmar los hallazgos en una investigación y ampliar el contenido de la información de una fuente primaria.”* (UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA, s.f.). Como fuentes secundarias para este trabajo se han obtenido artículos o informes anuales realizados por organizaciones con autoridad o influencia en el tema de vehículos eléctricos, energías verdes u otros temas afines, como lo son el Grupo Banco Mundial, el Centro de Movilidad Sostenible, la Agencia de Energía Internacional, Drive Electric Campaign, entre otros. También se pueden citar libros de texto como *The Economics of Electric Vehicles for Passenger Transportation* de los cuales se extrajo información valiosa para obtener un contexto del tema investigado, además de tesis realizadas en otras universidades con temas similares cuyos resultados y análisis son considerados para el estudio realizado en este documento.

Variables o unidades de análisis

Según lo explica Sampieri, una variable se puede definir como *“una propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse”* (Hernández Sampieri et al., 2014, pág. 105).

Por la naturaleza de esta investigación, las variables analizadas son de ambos tipos: variables cuantitativas y categorías de análisis, es decir, cualitativas.

- Conectores de cargador eléctrico: entiéndase como el acople físico entre el vehículo eléctrico y el dispositivo de carga. Tiene pines de contacto para la transmisión eléctrica y electrónica, y la distribución de estos se encuentra configurada según la norma del fabricante del vehículo, es decir, existen a nivel mundial múltiples tipos de conectores. La clasificación de esta variable se mide meramente por lo visual, ya que sus diferencias son bastante notorias con una simple observación.
- Modos de carga: estipulados en la norma internacional IEC 61851-1. Son aquellos protocolos por medio de los cuales los vehículos eléctricos llevan a cabo el proceso de carga. Se diferencian entre sí por las capacidades y las potencias en que se entrega la energía eléctrica y, por ende, el tiempo de carga total.
- Potencia de carga del vehículo eléctrico: se refiere a la capacidad de la batería individual de cada vehículo para recibir potencia de parte del cargador. La capacidad de la batería se mide en kilovatios-hora (kWh)
- Potencia de carga del cargador: se puede definir como la capacidad de un cargador de baterías de suministrar potencia. Para este trabajo, la unidad de medición será en kilovatios (kW).
- Tiempo de carga: corresponde a las mediciones que se realizarán sobre la duración de la carga de un vehículo en las diferentes etapas de esta. Se tomarán los datos en minutos.
- Costo de carga: entiéndase el costo monetario por la transacción de un usuario al cargar su vehículo. Este rubro será utilizado para la evaluación económica de la electrolinera y verificar la viabilidad de recuperar la inversión. Su cálculo se hará basado en las tarifas establecidas actualmente por ARESEP.

Instrumentos

Los instrumentos por utilizar para esta investigación son los siguientes:

- Acceso a internet mediante computadoras para recolección de información, acceso a data relevante, lectura de informes, entre otros.
- Entrevistas a profesionales en el tema.
- Base de datos de los cargadores propiedad de la CNFL sobre tiempos, costos, potencias, transacciones, entre otros.
- Sistema informático Minitab para la elaboración de gráficos y tendencias.
- Sistemas informáticos AUTOCAD para el desarrollo de los planos.

Se considera que los instrumentos seleccionados son los más recomendables para recabar la información debido a su bajo costo económico y fácil acceso. Asimismo, se considera la accesibilidad a las transacciones gestionadas en los cargadores del CNFL para obtener información relevante. En cuanto a los sistemas informáticos utilizados, se seleccionaron debido a que ya existía una adquisición y conocimiento previo sobre su utilización por parte de los investigadores.

Alcance y delimitaciones

El alcance de esta investigación es diseñar a escala una electrolinera con un número limitado de cargadores, capaz de abastecer una cantidad promedio de vehículos. Este diseño no está asociado a una ubicación geográfica específica; en su lugar, se ha desarrollado con la intención de que los inversionistas puedan ajustarlo según las necesidades de la localización donde se desee implementar el proyecto. La cantidad de cargadores y la distribución de los componentes y/o áreas pueden variar de un sitio a otro, lo que podría modificar la estructura del diseño y alterar las distancias entre conexiones, así como otros aspectos que se desvíen del diseño original presentado

en este documento. Para este diseño se han utilizado parámetros de distancia y distribución a modo de ejemplificación.

Como una delimitación de esta investigación, se excluyen los diseños mecánicos y civiles relacionados con el desarrollo del proyecto, como edificaciones, cimentaciones, estructuras metálicas, sistemas de drenaje pluvial, suministro de agua potable y, si es necesario, sistemas de extracción de aguas residuales.

Proceso para la recolección y análisis de datos

- Se procederá con la descarga de la data vía web (informes, libros, artículos, entre otros) para iniciar con la lectura y análisis oficial.
- Se confeccionará la encuesta que se realizará a los usuarios de los puntos de carga actuales.
- Se coordinará una visita a un profesional a cargo con el fin de solicitar una asesoría para la indagación del tema en cuestión.
- Se solicitará la base de datos de la CNFL referente a las transacciones de sus cargadores de vehículos eléctricos.
- Una vez obtenidos los datos, se procederá con el análisis sobre la tendencia de los tipos de conectores más utilizados para seleccionar los componentes que más se adapte a las necesidades nacionales.
- Se realizará un análisis de la oferta de vehículos actuales en el mercado nacional con el fin de verificar las potencias de carga promedio de estos.
- Se seleccionará un tipo de cargador de vehículo con una potencia y tipo de conector que se adapten a lo recabado en los puntos anteriores.
- Se establecerá la cantidad de cargadores con los que se ejecutará el diseño.

- Se realizarán los cálculos para gestionar las tierras eléctricas y protecciones.
- Se verificarán las normativas vigentes para la elaboración de los planos.
- Se hará la confección de los planos computarizados.
- Se establecerán los parámetros eléctricos, mecánicos y de software adecuados para la electrolinera.
- Se realizará un cálculo de inversión, operación y ganancia.
- Se brindarán las conclusiones y recomendaciones correspondientes para elegir los componentes eléctricos, mecánicos y de software adecuados para la electrolinera.

Capítulo IV: Análisis de Resultados

Proyección de la cantidad de vehículos eléctricos en el 2030

Con la intención de demostrar la necesidad de invertir en infraestructuras para recargas eléctricas de automóviles, se pretende realizar una proyección al 2030 de los vehículos eléctricos que se espera formen parte de la flotilla vehicular nacional y así evidenciar la urgencia de plantear una solución a las altas demandas energéticas hacia los diferentes sistemas de distribución eléctrica.

Para proyectar la cantidad de vehículos eléctricos que circularían por año desde el 2024 hasta el 2030, se utilizará un modelo de crecimiento exponencial, ya que los datos obtenidos muestran un aumento considerable en la cantidad de vehículos eléctricos a lo largo del tiempo.

Según los datos de la Tabla 36-Acumulado de vehículos eléctricos en Costa Rica, 2024 (MINAE). del anexo 1, obtenida de la página WEB del MINAE, la cantidad anual de vehículos livianos inscritos en el Registro Nacional de Costa Rica, son los siguientes:

- Dic-11: 85
- Dic-12: 96
- Dic-13: 103
- Dic-14: 115
- Dic-15: 119
- Dic-16: 130
- Dic-17: 156
- Dic-18: 349
- Dic-19: 806
- Dic-20: 1417
- Dic-21: 2443

- Dic-22: 4007
- Dic-23: 8889

Así, el modelo de proyección de crecimiento exponencial consiste en tres etapas para llegar al cálculo deseado, las cuales se explicarán a continuación.

1. Establecimiento de ecuación: para el crecimiento exponencial, se utiliza la fórmula:

$$N(t) = N_0 \cdot (1 + r)^t$$

Ilustración 19-Crecimiento exponencial

Donde:

$N(t)$ es la cantidad de vehículos eléctricos en el tiempo t

N_0 es la cantidad inicial

r es la tasa de crecimiento

t es el tiempo en años.

2. Cálculo de la variable:

Para obtener el valor de la variable r o tasa de crecimiento, se calculó con la siguiente fórmula:

$$r = \frac{Vf^{\frac{1}{n}}}{Vi} - 1$$

Donde:

r es la tasa de crecimiento

Vf es el valor final de la base de datos (del año 2023)

Vi es el valor inicial de la base de datos (del año 2011)

n es el número de años (2023-2011=12 años)

Al sustituir la fórmula con los datos tenemos que:

$$r = \frac{8889^{\frac{1}{12}}}{85} - 1$$

$$r = 0.47$$

Se toman los parámetros calculados y se sustituyen en la ecuación original obteniendo lo siguiente:

$$N(t) = N_0 \cdot (1 + 0.47)^t$$

3. Proyección:

Se utilizan los datos históricos (en este caso, de Dic-11 a Dic-23) para ajustar el modelo exponencial. Para simplificar, se convierten los años en formato decimal desde un año base (por ejemplo, 2011 como el año 0), así:

- Dic-11=0
- Dic-12=1
- Dic-13=2
- Dic-14=3
- Dic-15=4
- Dic-16=5
- Dic-17=6
- Dic-18=7
- Dic-19=8
- Dic-20=9
- Dic-21=10
- Dic-22=11

- Dic-23=12

Para proyectar del 2024 al 2030, se calcula t para cada año:

- 2024: $t = 2024 - 2011 = 13$
- 2025: $t = 14$
- 2026: $t = 15$
- 2027: $t = 16$
- 2028: $t = 17$
- 2029: $t = 18$
- 2030: $t = 19$

Aplicando la ecuación a estos valores de t :

- $Dic - 24 = 85 \cdot (1 + 0.47)^{13} \approx 12722$
- $Dic - 25 = 85 \cdot (1 + 0.47)^{14} \approx 18701$
- $Dic - 26 = 85 \cdot (1 + 0.47)^{15} \approx 27490$
- $Dic - 27 = 85 \cdot (1 + 0.47)^{16} \approx 40411$
- $Dic - 28 = 85 \cdot (1 + 0.47)^{17} \approx 59404$
- $Dic - 29 = 85 \cdot (1 + 0.47)^{18} \approx 87323$
- $Dic - 30 = 85 \cdot (1 + 0.47)^{19} \approx 128365$

Por lo tanto, la proyección de la cantidad de vehículos eléctricos para los años siguientes se presenta a continuación:

- **2024:** 12,722
- **2025:** 18,701

- **2026:** 27,490
- **2027:** 40,411
- **2028:** 59,404
- **2029:** 87,323
- **2030:** 128,365

Se ajustó un modelo de crecimiento exponencial a los datos históricos para proyectar la cantidad de vehículos eléctricos en los años futuros. Esto asume que el crecimiento continuará a un ritmo exponencial similar al que se ha observado según estos datos a través del tiempo.

Tecnologías de conectores utilizados en centros de carga

Las tendencias en cuanto a las distintas tecnologías de vehículos eléctricos que han ingresado en Costa Rica en los últimos años se han caracterizado por su enorme diversidad y también porque se encuentran diferencias respecto a otros países donde se determinó un tipo de tecnología de carga específica; ya que, para los procesos de carga, Costa Rica dio prioridad a la apertura de la nueva tecnología, lo que ha hecho que, en los centros de carga rápida, podamos observar equipos con dos y hasta tres tecnologías en un mismo dispositivo de carga con el fin de cubrir de la mejor forma la demanda de la flota vehicular eléctrica.

De este modo, en Costa Rica se han instalado principalmente 3 tipos de conectores en los centros de carga rápida, mediante los cuales se ha logrado cubrir la mayor cantidad de vehículos y modelos del mercado nacional. Así, los tres conectores con los que cuentan los centros de carga son GB/T, CSS1 y CHAdeMO, y cabe destacar que, si bien en el mercado local existen vehículos con conector CSS2, la carga rápida se realiza por medio de un adaptador de CCS1 a CCS2.

Asimismo, en esta investigación realizaremos un análisis de las transacciones de los últimos 3 años de los centros de carga de la CNFL y, con base en estos, se determinarán los tipos

de conector adecuados con los cuales deberá contar una electrolinera. La fecha de inicio para el análisis se realizará a partir del primer día de julio del 2021 tal y como se puede observar en la Tabla 3-Transacciones por año.

	Primer año				Segundo año				Tercer año				Total, general
	2021	2021	2022	2022	2022	2022	2023	2023	2023	2023	2024	2024	
	Tri3	Tri4	Tri1	Tri2	Tri3	Tri4	Tri1	Tri2	Tri3	Tri4	Tri1	Tri2	
Transacciones	1119	1215	1282	1402	2001	2504	2772	2461	2060	1996	2328	4939	26079
	5018				9738				11323				

Tabla 3-Transacciones por año

La Tabla 3-Transacciones por año nos muestra como en los últimos 3 años estas han aumentado; por tanto, para las 26079 transacciones se estudiará cuáles tecnologías fueron utilizadas y, mediante una proyección para los próximos 2 años, se buscará determinar cuáles tecnologías tomarán mayor número de transacciones en los centros de carga rápida.

Por otro lado, la ley 9518 establece que los centros de carga deben tener conector CSS1 o CHAdeMO, por lo cual iniciaremos por estos dos conectores y finalmente analizaremos el GB/T.

Análisis de transacciones en conector CHAdeMO

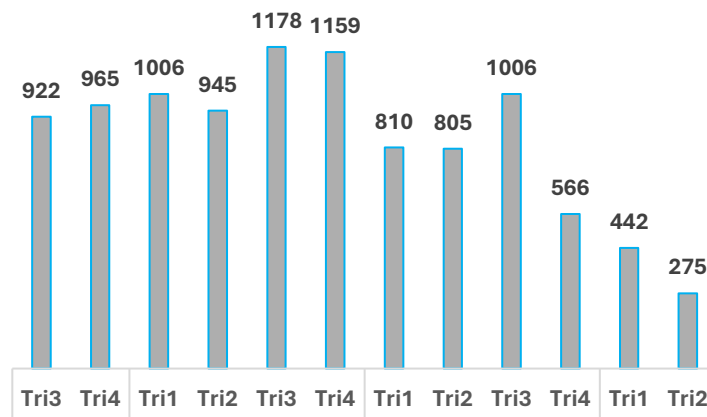


Ilustración 20 Gráfico de transacciones conector CHAdeMO de Julio 2021 a Julio 2024

Aquí se puede observar que las transacciones CHAdEMO van en descenso, por eso se analizará la tendencia para tener claro el comportamiento de las transacciones en este conector y, posterior a este análisis, se procederá a realizar una proyección de los próximos 2 años mediante un estudio de Minitab.

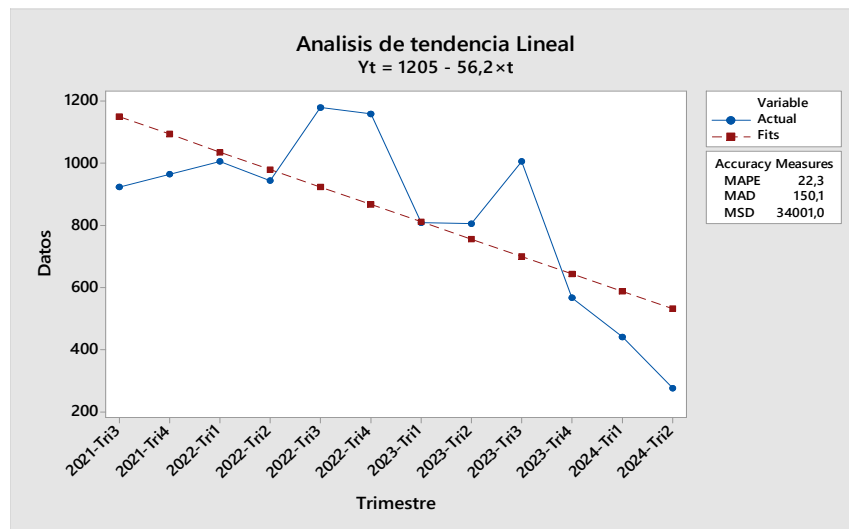


Ilustración 21- Grafico de tendencia en CHAdEMO

Se procederá a realizar una proyección a 2 años para conocer si es necesario realizar la colocación de más centros de carga que utilicen la tecnología CHAdEMO. Para la proyección utilizaremos el método de Winter con el fin de obtener información bajo un rango de tolerancia lo que lo hace óptimo para este análisis.

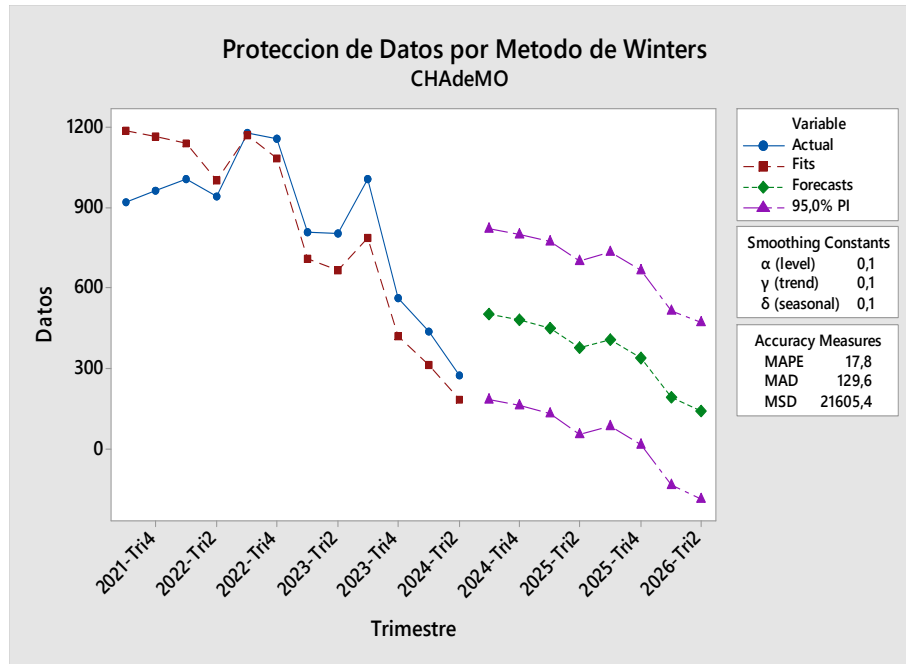


Ilustración 22- Grafico de proyección CHAdEMO

Periodo	Proyección	Mas Bajo	Mas Alto
2024-Tri3	505,622	188,118	823,125
2024-Tri4	483,671	164,948	802,393
2025-Tri1	455,151	135,134	775,169
2025-Tri2	379,836	58,449	701,224
2025-Tri3	411,833	89,001	734,665
2025-Tri4	342,236	17,887	666,586
2026-Tri1	193,477	-132,462	519,417
2026-Tri2	145,065	-182,536	472,666

Tabla 4-Proyección CHAdEMO

Del gráfico en la Ilustración 22- Grafico de proyección CHAdEMO y la Tabla 4-Proyección CHAdEMO se puede evidenciar como las transacciones presentan una reducción significativa para el conector CHAdEMO y, para el año 2026 en un escenario crítico, el conector CHAdEMO no se utilizará en las estaciones de carga rápida.

Análisis de transacciones en conector CSS1

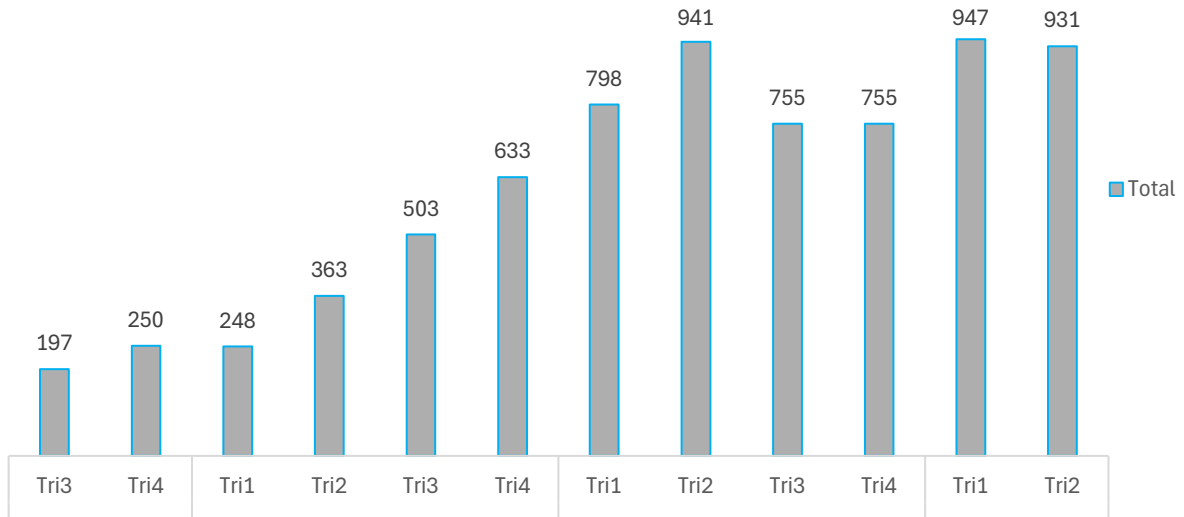


Ilustración 23- Grafico de tendencia en CSS1

En el gráfico de Ilustración 23- Grafico de tendencia en CSS1 se pueden observar las transacciones CSS-1 para las cuales se realizará un análisis más detallado de la tendencia de las transacciones y así tener claro su comportamiento, y posteriormente, se procederá a realizar una proyección de los próximos 2 años por medio de un estudio de Minitab.

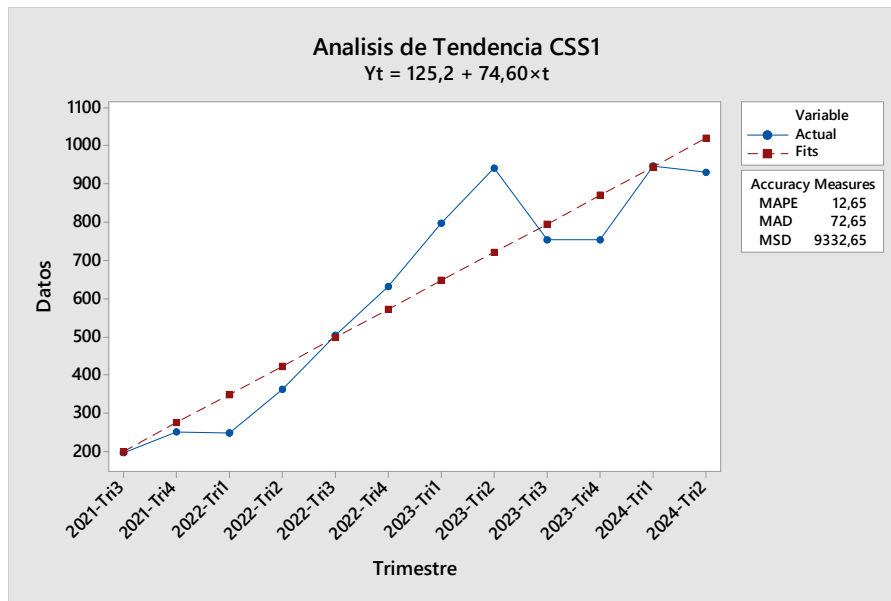


Ilustración 24- Grafico de tendencia en CSS1

Se procederá a realizar una proyección a 2 años para conocer si es necesario llevar a cabo la colocación de más centros de carga que utilicen la tecnología CSS1. Para la proyección utilizaremos el método de Winter con el fin de obtener información bajo un rango de tolerancia que lo hace óptimo para este análisis.

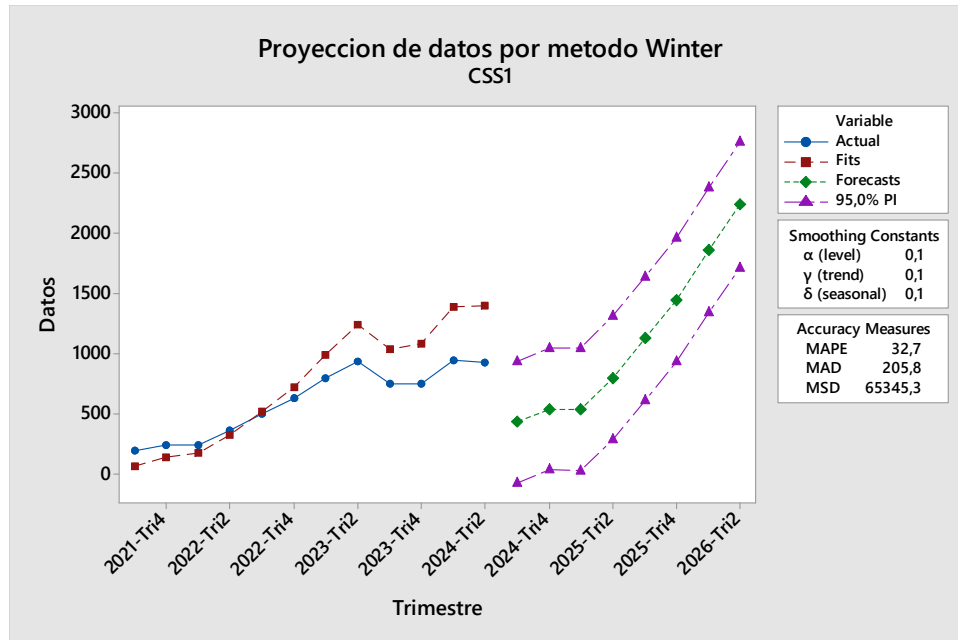


Ilustración 25 Grafico de proyección CSS1

Periodo	Proyección	Mas Bajo	Mas Alto
2024-Tri3	440,14	-64,1	944,37
2024-Tri4	546,45	40,28	1052,62
2025-Tri1	543,51	35,28	1051,74
2025-Tri2	805,2	294,8	1315,61
2025-Tri3	1133,88	621,18	1646,58
2025-Tri4	1452,62	937,51	1967,73
2026-Tri1	1865,37	1347,74	2383,01
2026-Tri2	2240,7	1720,43	2760,98

Tabla 5- Proyección CSS1

Análisis de transacciones en conector GB/T

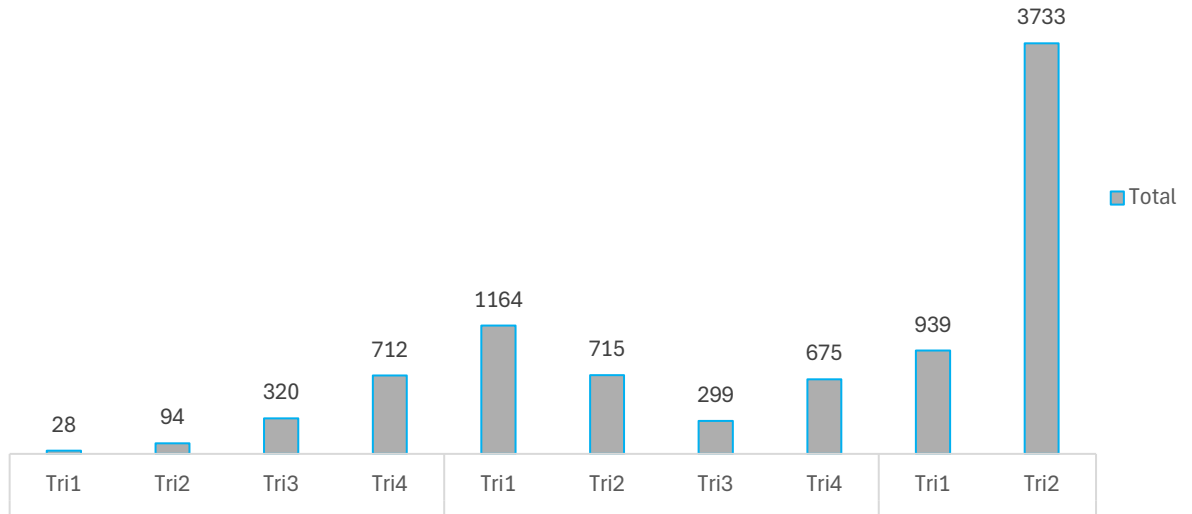


Ilustración 26 - Grafico de tendencia en GB/T

El grafico de la Ilustración 26 nos muestra las transacciones realizadas en GB/T en los centros de carga de la CNFL, como se puede observar esta tecnología se empezó a implementar hasta el primer trimestre del 2022, en base a los datos de grafico se analizará la tendencia para tener claro el comportamiento de las transacciones en este conector y posterior a este análisis se procederá a realizar una proyección los próximos 2 años realizamos un estudio por medio de Minitab.

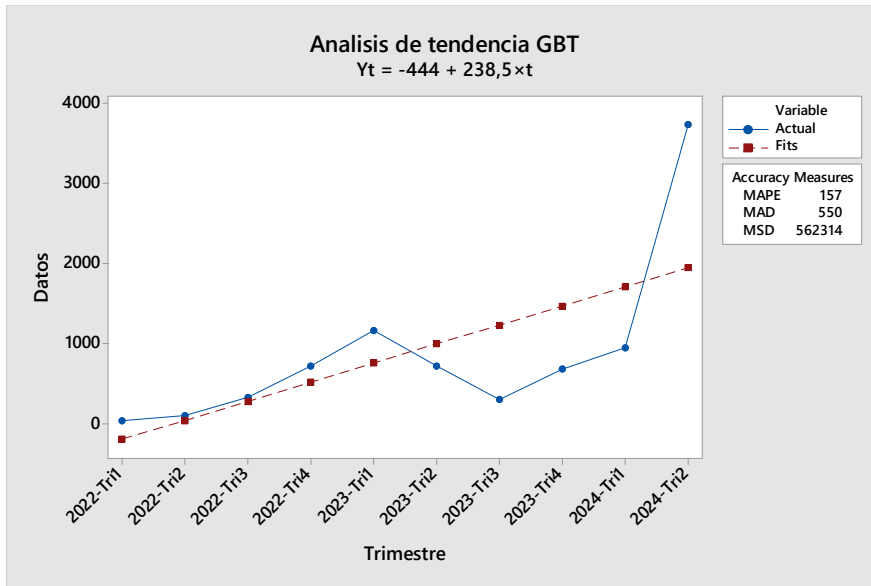


Ilustración 27- Grafico de tendencia en GB/T

Se realizará una proyección a 2 años para conocer si es necesaria la colocación de más centros de carga que utilicen la tecnología GB/T. Para esto utilizaremos el método de Winter con el fin de obtener información bajo un rango de tolerancia específico, el cual evidencia los datos óptimos para este análisis.

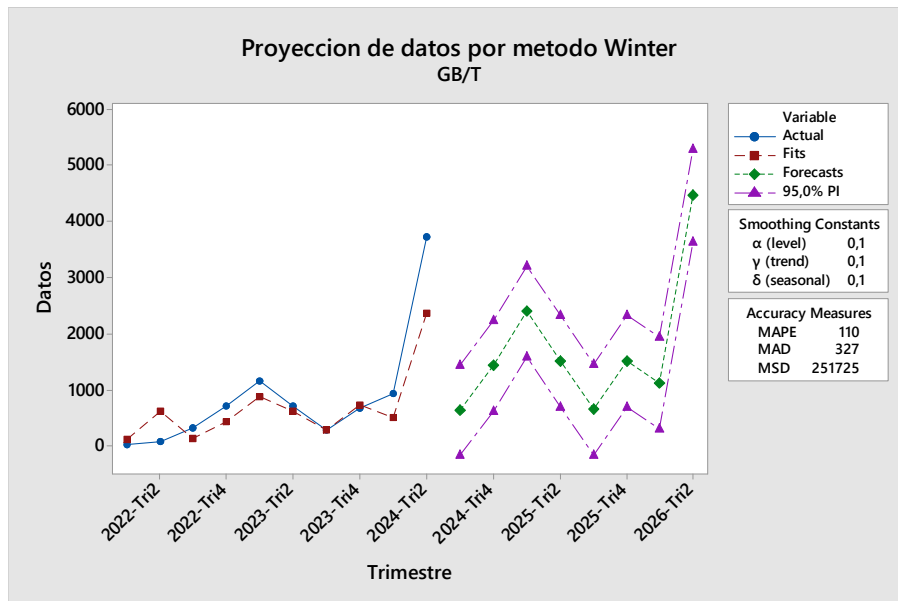


Ilustración 28 Grafico de proyección GB/T

Periodo	Proyección	Mas Bajo	Mas Alto
2024-Tri3	636,64	-163,49	1436,78
2024-Tri4	1435,48	632,28	2238,69
2025-Tri1	2403,76	1597,29	3210,23
2025-Tri2	1518,16	708,24	2328,08
2025-Tri3	653,44	-160,12	1467
2025-Tri4	1517,99	700,6	2335,37
2026-Tri1	1124,52	303,13	1945,92
2026-Tri2	4468,59	3643,01	5294,17

Tabla 6-Proyección GB/T

Perfiles de carga de vehículos eléctricos

Con el fin de mostrar con mayor claridad los distintos vehículos que conforman la flota vehicular eléctrica actual, se realiza una recolección de las características más relevantes para este proyecto, la cual fue alimentada principalmente de la información extraída de la página web del MINAE de la tabla adjunta en el anexo 1 en la que los vehículos se discriminan por marca, modelo y otras características técnicas. Aunado a esto, se adiciona data obtenida de los registros del CNFL sobre los clientes registrados en su base de datos como activos para el uso de cargadores rápidos. El resultado de esta indagación es una recopilación de 81 modelos de vehículos eléctricos distribuidos en 42 marcas de fabricantes. Adicionalmente, se consideran las fichas técnicas de los vehículos identificados como activos en el mercado. Toda la información es recolectada y resumida en la tabla adjunta en el anexo 1 en Tabla 37-Potencias de Carga (Fichas técnicas de Vehículos).

Una vez obtenidos los resultados de esta tabla, se procede con el análisis comparativo de las características técnicas de estos vehículos, las cuales aluden propiamente al protocolo de carga de la batería y se marcará una tendencia de las tecnologías más utilizadas de esta índole a nivel nacional.

De esta manera, el primer detalle considerado se refiere al tipo de conector usado por cada modelo de vehículo. Como se mencionó anteriormente, existen varias configuraciones posibles (ver marco teórico); sin embargo, en nuestro país se encontraron en específico únicamente de cuatro tipos. Por otro lado, en la Tabla 7-Tipos de conectores por cantidad de modelos se muestran cuáles son los tipos de conectores en Costa Rica, así como también cuál es la cantidad de modelos de vehículos que los presentan.

Conector de los VE de la flota vehicular nacional

Tipo de Conector	Cantidad Modelos
CHADEMO	4
CSS	41
GBT	33
TESLA	3
TOTAL	81

Tabla 7-Tipos de conectores por cantidad de modelos

Según los datos que hemos analizado de la tabla anterior, se logra concluir que el conector CHAdEMO ha perdido protagonismo con el paso del tiempo, esto a pesar de que fue el conector pionero en la movilidad eléctrica nacional y se mantuvo como principal medio de conexión durante mucho tiempo; sin embargo, actualmente se observa como su participación es muy débil y como los conectores GBT y CSS toman cada vez más fuerza en el mercado de los vehículos eléctricos.

Otro dato de interés es la valoración del porcentaje inicial y final de carga. Cada fabricante establece el rango de carga rápida de forma independiente y esto afecta directamente el tiempo del protocolo de carga. Tal como se desarrolló en el marco teórico es común que la carga rápida sea viable hasta el 80% de la batería por la naturaleza de esta. Como el dato es diferente en cada proveedor y se requiere un dato promedio para el cálculo del tiempo aproximado de carga, se realiza un proceso calculado de la estadística de los datos tabulados en las Tabla 8-Porcentaje de

inicio de carga rápida VE, la Tabla 9- Porcentaje de fin de carga rápida VE, los gráficos de la Ilustración 29 - Inicio Carga Rápida VE y la Ilustración 30- Fin de carga rápida VE.

Valores establecidos para el inicio de la carga rápida

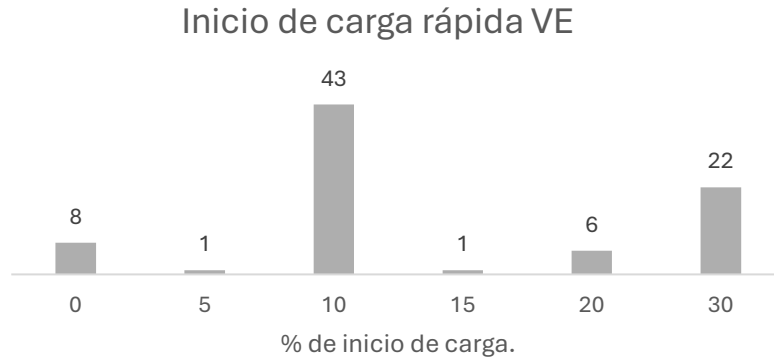


Ilustración 29 - Inicio Carga Rápida VE

Inicio carga rápida VE	
Media	15,19
Desviación estándar	10,05
Moda	10,00
Mínimo	0,00
Máximo	30,00

Tabla 8- Porcentaje de inicio de carga rápida VE

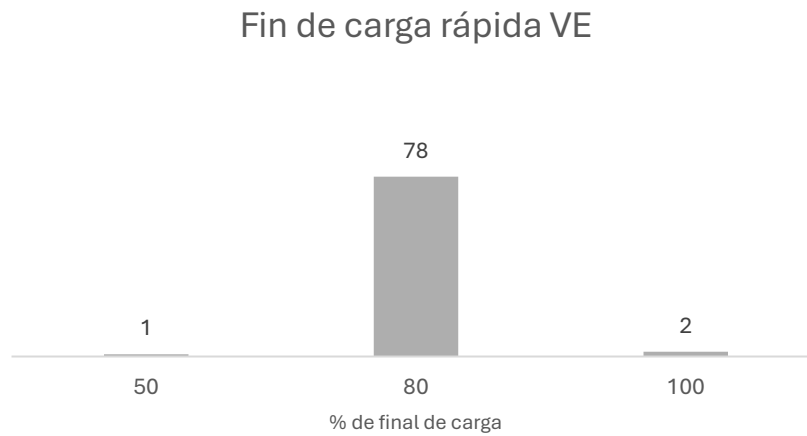


Ilustración 30- Fin de carga rápida VE

Fin carga rápida VE	
Media	80,12
Desviación estándar	4,61
Moda	80,00
Mínimo	50,00
Máximo	100,00

Tabla 9- Porcentaje de fin de carga rápida VE

Tal como se observa en los gráficos expuestos y, además, en lo explicado a través de la Ilustración 7-Tiempo de carga de un vehículo eléctrico de este documento, se puede concluir que existe una media del comportamiento del protocolo de carga de iniciar las pruebas al 15% y finalizarla al 80%, donde el proceso de carga rápida de la batería de litio es más estable y, por lo tanto, el proceso es más rápido, con el propósito de no someter a la batería a tensiones que pudieran ser dañinas para su uso.

Asimismo, superado el margen de carga, se observó a través de la base de datos del CNFL que los tiempos de carga rápida oscilaban entre los 18 y 78 minutos variando entre modelos y transacciones, sin embargo, existe una moda estadística muy marcada de una duración de 30 min y una media de 33.5 minutos tal como se observa en el gráfico de la Ilustración 31- Tiempo de Carga Rapida (Diseño propio).

Tiempo promedio en una recarga rápida vehicular

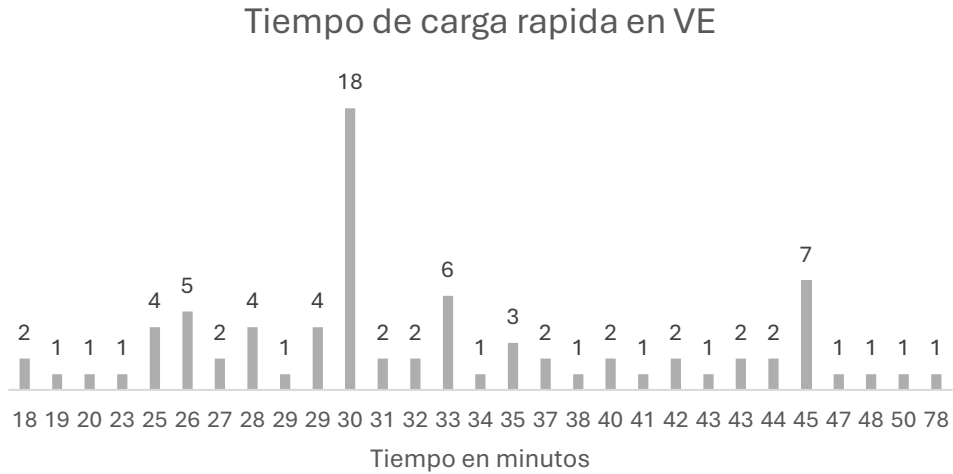


Ilustración 31- Tiempo de Carga Rapida (Diseño propio)

Tiempos carga rápida VE	
Media	33,50
Desviación estándar	9,02
Moda	30,00
Mínimo	18,00
Máximo	78,00

Tabla 10-Tiempo de carga rápida VE

Por otro lado, la demanda de energía eléctrica de los centros de carga durante el protocolo de llenado de la batería es el resultado de dos factores claves en el proceso: la potencia máxima que puede entregar el cargador y la que puede recibir el vehículo.

Lo primero que se debe considerar es la potencia máxima que puede suministrar el centro de carga. En este caso se considerará únicamente la carga rápida, debido a que actualmente en Costa Rica la carga lenta y semirrápida no cuentan con una tarifa para su recaudación. El decreto 41642 define la recarga rápida como: *“un equipo que supe la energía eléctrica para la recarga*

de los automóviles eléctricos y que se conecta directamente a la red eléctrica o fuente de energía, el cual se alimenta con voltaje trifásico en corriente alterna con una potencia igual o superior a cuarenta kW y entrega corriente directa mediante los conectores tipo ChadeMO y CCS uno (Combo uno), u otro tipo de conector que defina la Administración” (MINAE, 2024).

El segundo aspecto por tomar en cuenta es la potencia de carga máxima que pueden recibir las baterías de los vehículos. Este parámetro es un valor específico y varía para cada marca y modelo. Por lo cual, para los 81 modelos de vehículos de la Tabla 37-Potencias de Carga (Fichas técnicas de Vehículos) en el anexo 1, se realiza una clasificación en rangos de 25 kW con el fin de observar cuántos vehículos se ubican dentro de esos grupos y cuál es la tendencia de la capacidad en el mercado nacional.

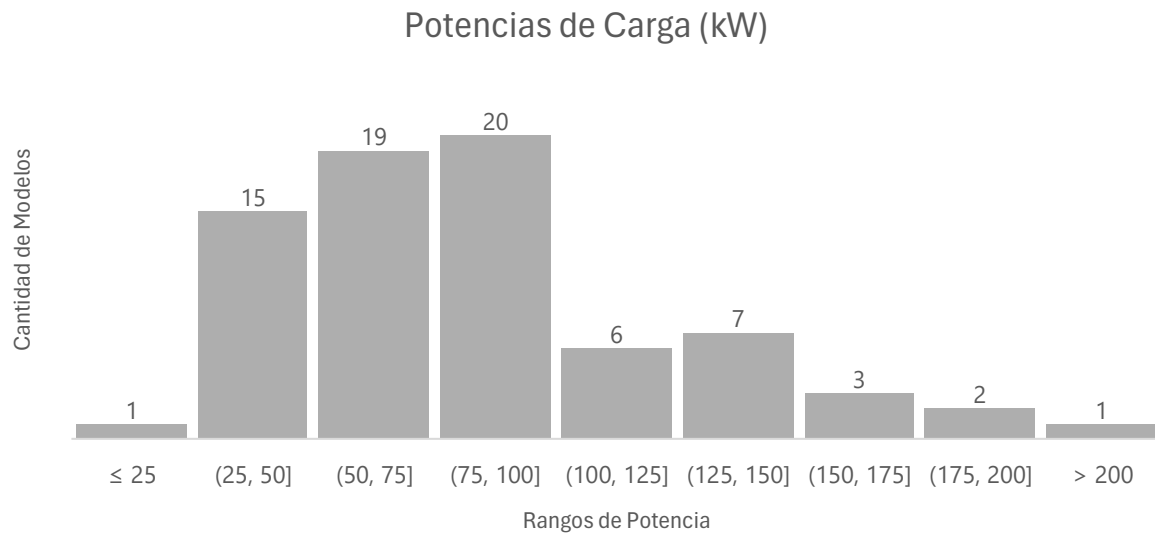


Ilustración 32-Gráfico Potencias de Carga

Como se puede observar en el gráfico anterior, existe una marcada tendencia de los cargadores en el rango de 75 a 100 kW. Para un análisis con más detalle de los rubros de carga se procedió a tabular los datos estadísticos con respecto a las potencias como se muestra a continuación.

Potencia carga rápida VE (kW)	
Media	86,52
Desviación estándar	44,96
Moda	145,09
Valor mínimo	22,43
Valor máximo	245,00
Cantidad de datos	81

Tabla 11-Potencia de carga rápida VE

De los 81 datos considerados para este análisis, se realizó una discriminación por tipos de conector para analizar de forma separada cada uno de ellos según su potencia promedio en relación con el tipo de conector.

Conector Tesla	
Media	97
Desviación estándar	6
Valor mínimo	90
Valor máximo	100
Datos	3

Tabla 12-Potencia en conector Tesla

Conector CHAdeMO	
Media	120
Desviación estándar	62
Valor mínimo	39
Valor máximo	181
Datos	4

Tabla 13-Potencia en conector CHAdeMO

Conector CSS	
Media	101
Desviación estándar	48
Valor mínimo	26
Valor máximo	245
Datos	41

Tabla 14-Potencia en conector CSS

Conector GB/T	
Media	64
Desviación estándar	28
Valor mínimo	22
Valor máximo	170
Datos	33

Tabla 15-Potencia en conector GB/T

Actualmente, el país no cuenta con cargadores rápidos con conector Tesla debido a que la cantidad de vehículos con este tipo de conector es muy reducida, además que los usuarios de estos vehículos utilizan adaptadores a CSS.

Dado esto, el estudio revela que al menos un 28,3% de la flota vehicular analizada cuenta con una potencia de entre 75 a 100 kW, así como también indica que la media de las potencias analizadas es de 86.52 kW, lo que se encuentra por encima de lo indicado por la ley 41642 para centros de carga rápida.

Por lo tanto, se puede determinar que los perfiles de carga de los vehículos estudiados presentan los siguientes patrones de comportamiento:

1. El margen del porcentaje de la batería se analizó en un rango de almacenado entre 15% y 80% en la mayoría de los modelos de los vehículos. Este es el sector en el cual el proceso de carga es más estable y, por ende, donde se alcanzan valores más altos de potencia.
2. El tiempo promedio que tarda la batería en aumentar su capacidad de carga del 15% al 80% es aproximadamente de 33 minutos.
3. La potencia ideal para los centros de carga rápida debe encontrarse entre los 75 kW y los 100 kW para poder apegarse a la necesidad de la flota vehicular cuyo promedio es de 86.5 kW.

Impacto actual de las tecnologías de carga en las redes eléctricas

Con los enérgicos esfuerzos del gobierno de Costa Rica por promover la adquisición de vehículos eléctricos por parte de la población para disminuir así la huella de carbono y cumplir con los objetivos propuestos en el Plan de Descarbonización y la Ley 9518, se debe considerar de forma paralela que una adopción súbita de estos vehículos podría afectar negativamente las redes eléctricas del país.

De este modo, con la entrada y aumento exponencial de los vehículos eléctricos, se puede estimar que el aumento en la demanda eléctrica será inminente. Tal como lo menciona la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Costa Rica (2019), una penetración del 25% de vehículos eléctricos en la flota nacional podría generar problemas de sobrecarga y tensión en transformadores en las redes de distribución de baja tensión.

Siguiendo la línea lógica, la consecuencia inmediata del incremento de estos vehículos es un aumento proporcional en los sistemas de recarga de estos. Según un artículo publicado por *The Institution of Engineering and Technology* (Inam Nutkani, 2024), en un estudio realizado en una red urbana de densidad media que comprende 1264 hogares se evidencia el aumento considerable de la demanda cuando los vehículos eléctricos son cargados con patrones de carga real, tal como se puede observar en la siguiente imagen al comparar la demanda de carga eléctrica sin vehículos eléctricos, con vehículos eléctricos y la suma de ellas durante el lapso de un día.

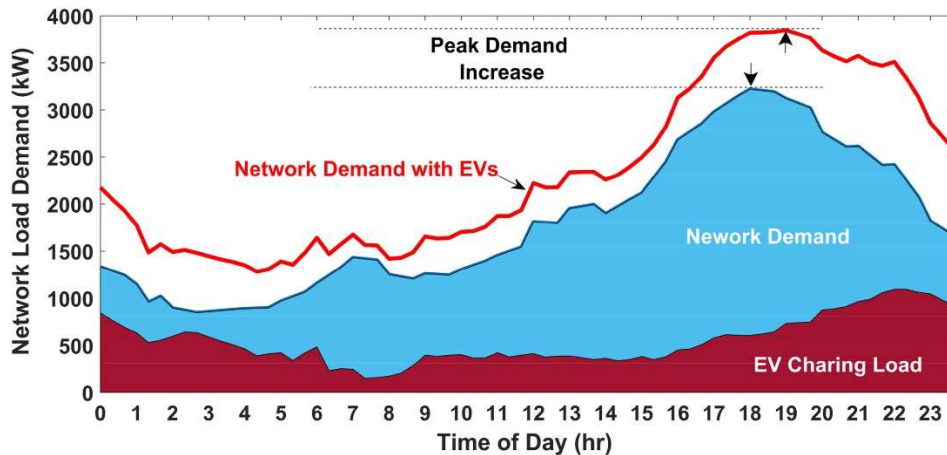


Ilustración 33-Perfil de demanda de carga ejemplar para una red urbana de densidad media que comprende 1264 hogares sin vehículos eléctricos y con vehículos eléctricos cargados utilizando el perfil de carga del ensayo de vehículos eléctricos. Fuente: Impacto de la carga de vehículos eléctricos en la red de distribución eléctrica y soluciones de mitigación: una revisión (Inam Nutkani, 2024)

En el gráfico anterior se puede observar que el comportamiento del consumo de energía eléctrica utilizada para la recarga de estos vehículos es significativamente mayor en las horas de la noche y la madrugada: inicia con un pico de demanda a las 17:00 finalizando a las 03:00 del día siguiente. Esto provoca que el final del pico de demanda total se desplace varias horas más tarde; es decir, sin considerar los vehículos eléctricos, el consumo decae de los 2000 kW aproximadamente a las 22:00 mientras que, al tomar en cuenta la demanda con los cargadores de vehículos, este se mantiene por encima de ese punto hasta 01:00 aproximadamente. También se logra apreciar que en los puntos más críticos de las curvas (mínimo y máximo) existe una diferencia positiva entre la demanda sin VE y la demanda total de entre 500 kW y hasta 1000 kW, lo que vuelve necesario un aumento de potencia en la generación de energía para satisfacer esta demanda.

Por otra parte, el comportamiento en el ámbito nacional es similar al planteado en la referencia anterior. En el artículo *Impacto de los vehículos eléctricos en condominios residenciales* (Soto Zuñiga, 2023) indica que la probabilidad en el margen de la hora de llegada de la población

costarricense a sus hogares se encuentra entre las 4 p.m. y las 7 p.m. (Ilustración 34- Distribución de probabilidad de hora de regreso a los hogares en Costa Rica. Fuente: Impacto de los vehículos eléctricos en condominios residenciales y esto resulta en una alta probabilidad de que la mayoría de las recargas de vehículos eléctricos inicien en momentos muy similares, lo cual coincide con el pico de demanda nacional según datos del MINAE en el Plan Nacional de Energía 2015-2030 (Ilustración 35-Curva de Potencia de la Generación Eléctrica de Costa Rica. Fuente: MINAE) tal como se muestra en los siguientes gráficos:

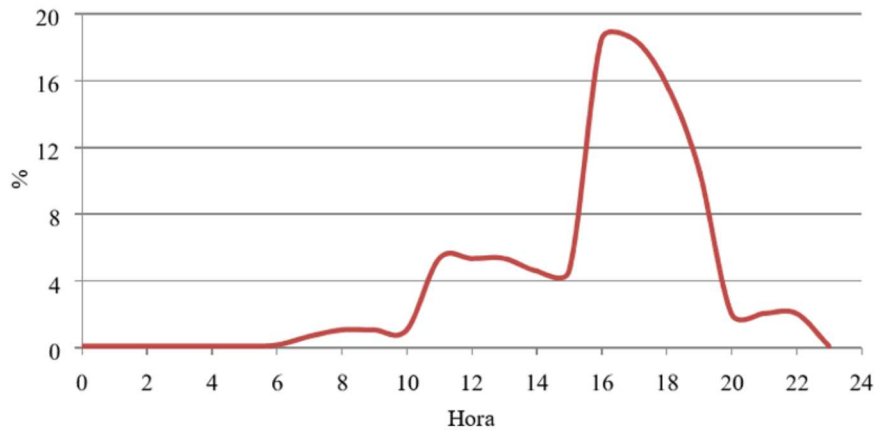


Ilustración 34- Distribución de probabilidad de hora de regreso a los hogares en Costa Rica. Fuente: Impacto de los vehículos eléctricos en condominios residenciales (Soto Zuñiga, 2023)

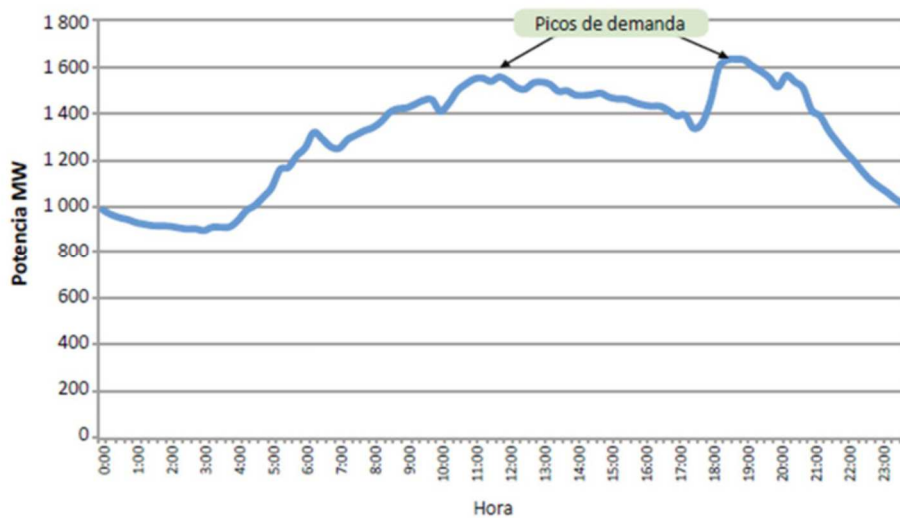


Ilustración 35-Curva de Potencia de la Generación Eléctrica de Costa Rica. Fuente: MINAE

Como se logra apreciar en los gráficos anteriores existen dos picos de demanda actuales en Costa Rica: uno cerca de las 12:00 y otro alrededor de las 18:30. El segundo ocurre en momentos del día muy similares a la hora de llegada promedio del ciudadano a sus hogares, lo que podría generar un aumento significativo de la demanda en horas nocturnas.

Otro punto importante a considerar es que dada la distribución de la población nacional existe una tendencia a que ciertos grupos con mayor capacidad adquisitiva se concentren en zonas residenciales o condominales, debido a esto, es muy probable que exista una mayor cantidad de vehículos eléctricos concentrados en lugares geográficos específicos, los cuales tienen un único punto de conexión a la red lo que genera un riesgo en la capacidad del circuito, especialmente en transformadores y protecciones.

Así, el aumento en la demanda eléctrica producto de la penetración de sistemas de carga individuales de vehículos eléctricos afecta la planificación de los sistemas de generación, transmisión y distribución, ya que podrían no ser suficientes durante los picos de demanda, los cuales tienen una naturaleza azarosa de las horas de inicio y fin.

Otro artículo publicado por Gobierno de España nombrado *Sistema De Recarga De Vehículos Eléctricos: Revisión Tecnológica E Impacto En El Sistema Eléctrico* (MAZA ORTEGA & GÓMEZ EXPÓSITO, Trimestre) afirma que la introducción de los cargadores de vehículos eléctricos provocará un aumento de la carga a la que se verán sometidas las redes de media y baja tensión, y tendrá como consecuencia seis efectos:

- a) Aumento de las caídas de tensión debido al incremento de la carga de la red. Esto puede provocarse por la carga simultánea de muchos cargadores en un solo circuito.

- b) Congestión de líneas de baja tensión por tener cargas superiores a sus límites térmicos o de ampacidad en caso de funcionamiento múltiple de cargadores eléctricos al mismo tiempo.
- c) Aumento de las pérdidas del sistema de distribución debido a una mayor carga de este.
- d) Disminución de la vida útil de los transformadores del sistema por el incremento de la carga.
- e) Aumento de desequilibrio en la red trifásica, debido a que la mayoría de los cargadores suelen ser monofásicos ocasionando una sobrecarga en una de las líneas trifásicas lo que genera deterioro de la red y disminución en la calidad del suministro eléctrico.
- f) Todos los sistemas de carga están dotados de un inversor de corriente de alterna a directa (puede ser a bordo o fuera de bordo), estos equipos son no lineales, es decir, son alimentados por una tensión sinusoidal, pero responden consumiendo una intensidad no sinusoidal, esta intensidad puede contener un muy alto número de armónicos lo que afecta de forma negativa la energía de toda la red de distribución.

En conclusión, algunos de los principales retos que enfrentará la red de distribución eléctrica son la coincidencia de demanda de carga y demanda pico, la sobrecarga local y el impacto de la distorsión armónica en la red.

Coincidencia de demanda de carga y demanda pico

Como se explicó anteriormente, con base en la hora de llegada de la población, en los picos de demanda actuales y en el comportamiento analizado a través de estudios de otros lugares, se espera que el pico de demanda de energía por parte de vehículos eléctricos aumente principalmente durante las noches, o bien, también podría ocurrir durante los fines de semana o días festivos cuando se realizan viajes más largos y con mayor frecuencia.

Por esta razón, la conexión masiva de cargadores de vehículos en forma simultánea a la red de distribución genera un aumento importante en las cargas de la red y, a su vez, puede generar problemas en las líneas de baja tensión, lo que podría provocar congestión en la red y sobrecalentamiento de los conductores.

Por otro lado, es usual que los responsables de crear y administrar la red de distribución proyecten una tendencia al alza de las cargas, sin embargo, superar los valores proyectados podría comprometer la vida útil de los componentes de la red y hasta requerir refuerzos a muy temprano momento.

Sobrecarga local

El aumento desmedido de la flota eléctrica puede ocasionar que, en algunas áreas geográficas específicas como zonas residenciales, condominios u otros donde se concentran alto número de vehículos también exista un alto número de cargadores, saturando así puntos específicos de la red. Como consecuencia de este aumento descontrolado, se puede causar la saturación y desbalance de las líneas trifásicas de la red de distribución, ya que la gran mayoría de cargadores residenciales funciona con líneas monofásicas cargadas a una de estas líneas, lo que podría resultar en el disparo de protecciones, sobrecalentamiento del neutro, pérdidas en la red, calentamiento de equipos y disminución de la calidad del servicio.

Así, las sobrecargas en la red de distribución ocasionan un desmejoramiento en el nivel de tensión de esta y compromete su capacidad para mantener el voltaje dentro de los valores estipulados por la Norma Técnica: Calidad del Voltaje de Suministro (MINAE, 2015) de la ARESEP.

**Valores eficaces de tensión nominal en redes de distribución.
(Baja Tensión, secundario)**

Sistema	Tensión	
	Entre líneas activas (Volt)	Entre líneas activas y neutro (Volt)
Monofásico bifilar ¹	-	120
Monofásico trifilar	240	120
Bifásico trifilar	208	120
Trifásico, 4 conductores ²	208	120
Trifásico, 4 conductores ³	480	277
Trifásico, 3 conductores ⁴	240	-
Trifásico, 4 conductores ⁵	240	120
Trifásico, 3 conductores ⁴	480	-
Trifásico, 4 conductores ⁵	480	240

1. Únicamente para servicios indicados en la norma AR-NT-SUCOM. 2. Únicamente para servicios industriales o en redes existentes de distribución secundaria trifásica 120/208 V 3. Conexión estrella, neutro aterrizado. 4. Conexión delta. 5. Conexión delta aterrizada, delta abierta aterrizada

Ilustración 36-Calidad del voltaje. Fuente: Norma Técnica: Calidad del Voltaje de Suministro (SUCAL) de la ARESEP

Según (Inam Nutkani, 2024), una penetración de un 10% de vehículos eléctricos sin ningún control puede descarrilar el voltaje de la red en más del 10% y el mismo autor estima que la vida del transformador se reduce en un 30% cuando se sobrecarga hasta en un 120% por pocas horas en un día, lo que podría ocurrir con un 20% de introducción de cargadores de vehículos eléctricos en la red de distribución. Mobility Portal Latinoamérica (Carrara, 2024) registra que la penetración de vehículos eléctricos en Costa Rica ronda el 15%, por lo que los datos deben ser valorados con especial cuidado, ya que el país se empieza a adentrar en el porcentaje crítico de recarga de la red.

Impacto de la distorsión armónica en la red

En este punto, la distorsión armónica de la red ocurre debido a que las baterías almacenan la energía en polaridad directa en tanto la red la distribuye en formato alterno. Así, cada vehículo tiene un cargador a bordo, en el caso de los protocolos de carga lenta o semirrápida este se encarga de convertir la corriente de alterna a directa a través de un rectificador y, para los de carga rápida, la rectificación de la corriente la realiza el cargador previo a ser suministrada al vehículo. Este

proceso conlleva la manipulación de las ondas entregadas por la red, lo que genera distorsiones en la frecuencia que afectan la corriente de toda la red de distribución.

Asimismo, en el artículo nombrado como Impact of EV battery chargers on the power quality of distribution systems (2003) mencionan que los cargadores eléctricos pueden generar altas corrientes distorsionadas por armónicos en los conductores eléctricos y que estos efectos en los conductores aumentan las pérdidas, así como disminución de la vida útil de los transformadores y de la red eléctrica como tal.

La magnitud del impacto a la red es variable y depende principalmente por el tipo de carga predominante de la zona afectada, donde la carga rápida puede significar para la red mayores niveles de distorsión armónica y sobrecargas de los transformadores.

Posibles estrategias para mitigar el impacto de los cargadores de vehículos eléctricos en la red de distribución

El impacto causado a la red de distribución por la entrada masiva de vehículos eléctricos es un tema que actualmente se conversa a nivel mundial. La tecnología, como sucede la mayoría de las veces, nos ayuda a minimizar algunas dificultades que enfrentamos, mientras que nos sirve en bandeja nuevas necesidades. En diversa literatura se mencionan algunas posibles estrategias que se discuten alrededor del mundo para mitigar este impacto en la red de distribución eléctrica.

Una de las primeras soluciones alcanzadas es reforzar la red existente (líneas y transformadores) aumentando su capacidad de manera que esto evite la sobrecarga. Esta solución puede ser sencilla pero muy costosa, incluso, en algunos casos la red de distribución se encuentra subterránea por lo que modificar estos circuitos conllevaría realizar trabajos de perforación en los suelos e incorporar nuevas canalizaciones, lo que aumentaría aún más los costos de reemplazo.

Otra alternativa propuesta es crear sistemas tarifarios escalonados por horarios, de modo que la población se vea motivada a realizar las cargas de los vehículos en horarios varios y también durante los valles de la demanda eléctrica nacional. Sin embargo, aunque esto disminuya temporalmente los aglomerados, con el aumento de los vehículos eléctricos puede generar nuevos picos de demanda en las redes. Una modificación de esta alternativa es crear tarifas variables en el tiempo real, es decir, en aquellos momentos del día en el que se estén dando congestiones en el sistema se impondrán tarifas más elevadas, mientras que momentos con poco consumo se reducirá el precio para incentivar la recarga.

Asimismo, se ha discutido la opción de alimentar las estaciones de carga con fuentes de energía renovable exclusivas para tal fin, lo que podría integrarse en la propia estación de recarga y de esta forma reducir el impacto en la red de transmisión. Sin embargo, esta opción se encuentra limitada en primera instancia por la disponibilidad instantánea de la energía, ya que la generación de las fuentes renovables es muy fluctuante así como dependiente de las condiciones naturales y, en segundo lugar, por la limitación del espacio físico para instalar tales fuentes de generación. No obstante, esta podría ser complementada con sistemas de almacenamiento de energía como baterías, lo cual no disminuye la energía demandada por los cargadores, pero consigue distribuir este consumo a lo largo de un periodo de tiempo.

De la misma manera, otra posible solución que se encuentra en auge es implementar una relación bidireccional entre el VE y la red, la cual se ha popularizado con el nombre vehicle-to-grid. En esta relación, el vehículo no sólo consume energía, sino que también es capaz de funcionar como almacenador para entregársela a la red cuando sea necesario. Para que esta modalidad sea funcional es vital agrupar suficientes vehículos eléctricos para que su aporte a la red sea significativo y esto se puede lograr a través de ubicar los centros de carga en lugares de alto

tránsito. También se podría implementar en lugares más pequeños, de modo que un grupo de vehículos pueda suministrar lo suficiente para electrificar un edificio comercial o residencial.

Dimensionar los componentes eléctricos

Para poder determinar los componentes eléctricos que se utilizarán durante este diseño es de gran importancia determinar las cargas naturales de este tipo de infraestructura.

Con base en los datos obtenidos del análisis efectuado para determinar la potencia promedio de la flota vehicular nacional, se logró determinar que la potencia más adecuada para cada punto de carga que es de alrededor de 86 kW.

A continuación, se realiza un análisis de las tecnologías existentes por medio de la contratación 2023LY-000034-0000400001 del Instituto Costarricense de Electricidad. En esta contratación se solicitan equipos de carga secuencial (puede cargar dos vehículos al mismo tiempo) con una potencia máxima total de salida entre 150 kW a 160kW. También, se revisaron las hojas de características de tres marcas las cuales participaron en esta contratación:

Marca	Potencia	Distribución
Setec Power	150	6 módulos de 25 kW
Star Charge	180	6 módulos de 30 kW
Blueberry	50 a 150	No se indica

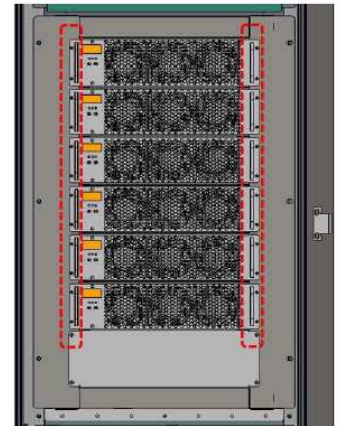
Tabla 16-Cargadores ofertados en SICOP



Ilustración 38-Cargador Setec Power



Ilustración 37-Star Charge



blueberry **FUSION**

Potencia Salida

50-150 kW

Corriente Salida

125 - 375 A

Tensión Salida

150 - 1000 V

Número Salidas

1 o 2

Salidas

CCS, CHAdeMO, GB/T

Ilustración 39-Blueberry

De este modo, con base en el análisis realizado a las fichas técnicas (ver anexos 12), se logra identificar que las capacidades de los centros de carga son adaptables, basados en las necesidades ya sean de forma mecánica o por medio de programación.

Para el diseño de la electrolinera se optará por equipos con capacidad de 90 kW por salida, ya que esta potencia es suficiente para cubrir la demanda existente en el mercado y no excede el

promedio con el objetivo de cuidar el presupuesto. Cada cargador de este diseño contará con dos cables de salida para cargar vehículos con los tipos de conectores que más predominen en el mercado, estos serían CSS y GBT (Tabla 7-Tipos de conectores por cantidad de modelos), lo que permitirá la carga de 2 vehículos al mismo tiempo y, por ende, se estima que la potencia entregada cuando esté operando ambas salidas sea de 180 kW por cargador.

De la misma forma, al considerar que la frecuencia regular de carga rápida se promedia una vez a la semana y su duración es de aproximadamente 30 minutos, un cargador con dos salidas puede cargar 2 vehículos por hora, es decir, dos cargadores de este tipo podrían cargar la suma aproximada de 1000 carros por semana operando a un 75% de su capacidad.

Un análisis estadístico detallado de la región es fundamental para determinar la cantidad óptima de cargadores. Sin embargo, este estudio específico no forma parte del alcance del presente trabajo.

Dimensionamiento eléctrico

Para el desarrollo de este diseño se considera el supuesto de que la red eléctrica en donde se desea instalar la electrolinera cuenta con al menos dos circuitos trifásicos de 34.5 kV.

Cargadores

El proyecto contempla la instalación de 2 centros de carga de 180 kWh a 480 voltios de tensión con conectores CSS y GB/T, lo que nos permite realizar la carga de 8 vehículos por hora aproximadamente y, además, se deben contemplar circuitos de iluminación, tomacorrientes, salidas especiales, telecomunicaciones y sistemas de detección de incendios, para lo cual se propone la siguiente configuración de la Ilustración 40-Base para diseño (creación propia).

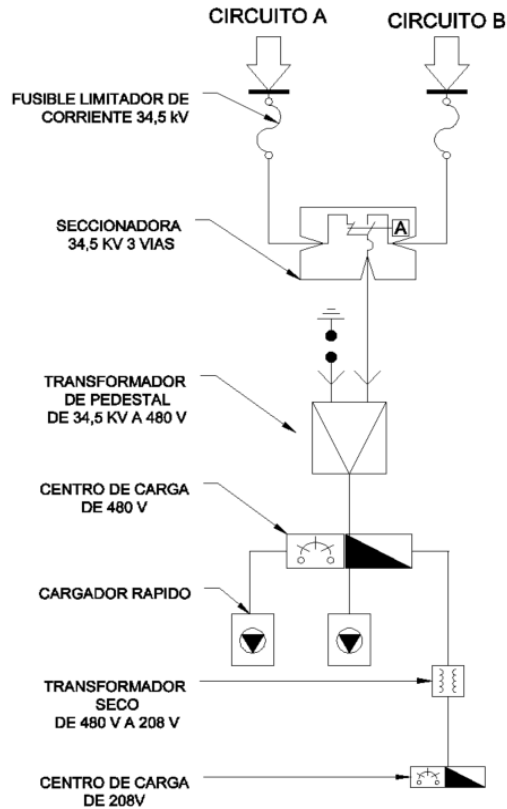


Ilustración 40-Base para diseño (creación propia).

Iluminación

Para el punto de iluminar el área donde se ubican los cargadores se considera un circuito conformado por seis luminarias tipo LED empotradas en dosel Cooper 8200 LM15" 88W color 4000 K cada una, distribuidas uniformemente en la infraestructura, para un total de 528 W. La ficha técnica de este componente se encuentra adjunto en el anexo 2.

Para el cuarto eléctrico se contempla la utilización de dos luminarias del tipo SYLVANIA 705 LED 4200 LM 24" 36 W.

Asimismo, se incluyó dentro del diseño cuatro lámparas de emergencia en caso de una eventualidad en la red para seguridad de los usuarios. Tres estarán en el área de servicio y una en el cuarto eléctrico. Para esta función se utilizarán luminarias del tipo SYLVANIA 2X80 LM 1.5 W.

Se dispondrá de un circuito de 1500 W para abarcar la totalidad de la iluminación.

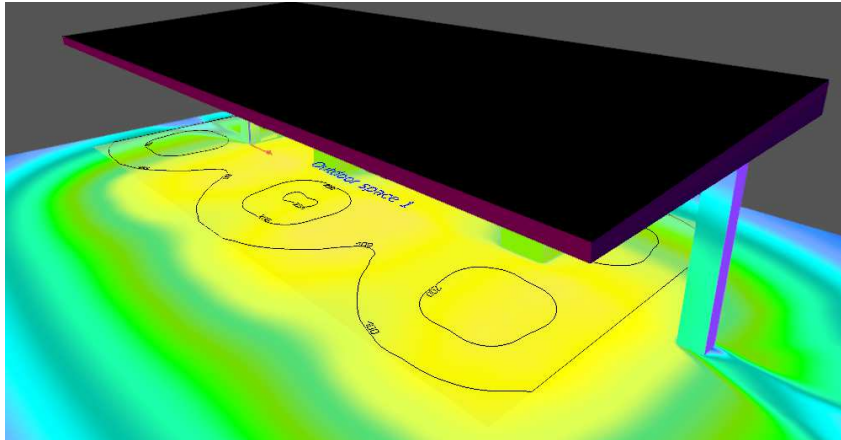


Ilustración 41-Fotometría Dialux (Diseño Propio)

Receptáculos o circuitos de tomacorrientes

Se distribuirán a lo largo de la infraestructura para tener el mejor acceso posible. La intención es poder conectar cualquier herramienta auxiliar para la operación y/o mantenimiento de la electrolinera. Se estima un total de 4 receptáculos de 120 V que soporten una carga máxima de 1500 W y uno de 208 V de 50 A para labores relativas al mantenimiento.

Sistemas de seguridad

En el diseño se consideró un circuito con capacidad de 1500 W para la alimentación del sistema de seguridad como la detección de incendios, alarmas, CCTV, entre otros.

UPS telecomunicaciones

Se dispondrá de un circuito independiente con el fin de sustentar eléctricamente el sistema de telecomunicaciones, el cual tendrá una potencia de 1500 W.

Potencia de centro de carga 208 V

Para el desarrollo de este proyecto la propuesta es colocar un tablero enfocado en la distribución de tipo industrial marca Eaton modelo PRL1 cuya corriente de barras máxima es de 125 ampere, el cual contará con un breaker principal de 100 ampere, lo que permite la integración de mayor numero de circuitos en caso de necesario. Con base en lo anterior se estimará el transformador seco 480/208 V.

Circuito	Potencia (W)	Tensión (V)
Iluminación	1500	120
Tomacorrientes de servicio	1500	120
Sistemas de seguridad	1500	120
UPS TELECOMUNICACIONES	1500	120
Tomacorriente 50A	10400	208
Potencia total (VA)	16400	
Corriente total (A)	46	

Tabla 17-Distribución de cargas 208 V

Potencia transformadora seco

Para la alimentación del tablero de potencia de centro de carga 208 V se pretende utilizar un transformador seco, el cual se dimensionó de la siguiente manera:

$$P = \sqrt{3} * V * I$$

Ecuación 4-Potencia transformador trifásico

Donde:

V representa el voltaje de alimentación del centro de carga 208V(Voltio)

I representa la Intensidad de corriente máxima del disyuntor de protección del centro de carga 208V (Amperio)

P representa la Potencia máxima alcanzada por el centro de carga 208V (Vatio)

Potencia mínima del transformador seco:

$$P = \sqrt{3} * 208 * 100A$$
$$P = 36.026 \text{ kVA}$$

Asimismo, con base en una revisión del mercado se determinó que la potencia más cercana de un transformador es de 45 kVA estrella-estrella 480-208/120.

Potencias del Tablero de Distribución 480 V (Centro de carga 480 V)

Para el desarrollo de este proyecto la propuesta es la de colocar un tablero enfocado en la distribución de tipo industrial marca Eaton modelo PRL3X cuya corriente de barras máxima es de 800 ampere, el cual contará con un breaker principal de 600 ampere, lo que permite la integración de mayor número de circuitos en caso de necesario. En este caso en particular, este tablero albergará los disyuntores correspondientes a los circuitos de ambos cargadores, del centro de carga 208V y el supresor de transientes.

Circuito	Potencia (W)	Tensión (V)
Cargador 1	180000	480
Cargador 2	180000	480
Centro de Carga 208 V	45000	480
Potencia total (VA)	405000	
Corriente total (A)	488	

Tabla 18-Distribución de cargas de 480 V

Potencia de transformador de pedestal

Debido a la potencia demandada por el tablero de distribución 480V, se puede determinar la potencia mínima que es necesaria para el transformador principal para el proyecto, para lo cual se realiza un análisis de las tecnologías existentes en el mercado con base en la necesidad del proyecto y se puede determinar que la potencia más cercana es de un transformador de 500 kVA estrella – estrella 34.5 kV-480/277 V.

Seccionadora de media tensión

Con el fin de poder garantizar el servicio continuo de la electrolinera y evitar estar fuera de servicio por cortes del servicio eléctrico, programados o no, se propone la colocación de una seccionadora automática de media tensión.

Cálculo de corriente de la seccionadora

Al considerar que previamente se determinó que la potencia máxima del transformador de pedestal y del proyecto es de 500 kVA, y que la seccionadora opera en los circuitos de media tensión, es decir, de 34.5 kV se procede con el siguiente cálculo para averiguar la corriente:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V}$$

Ecuación 5-Corriente trifásica

$$I = \frac{500000}{\sqrt{3} * 34500}$$

$$I = 8.37 A$$

De la misma manera, al realizar la investigación de las tecnologías existentes en el mercado de este tipo de componente, se determina que la corriente mínima en estos dispositivos es de 200 A, mientras que, a pesar de que por la configuración del diseño se requiere una de tres vías, únicamente fue posible ubicar seccionadoras de cuatro o más vías que soporten una tensión de 35 kV. Esta condición no representa un impedimento en el funcionamiento, ya que se podría instalar únicamente con las vías requeridas.

Cálculo de corriente de corto circuito

No es posible realizar el cálculo de la corriente de corto circuito del transformador por medio de los datos de la red eléctrica debido a que no se cuenta con un punto geográfico específico; por tanto, para el desarrollo de este proyecto se realizará un cálculo con base en el método punto

a punto, en el cual se considera que la corriente suministrada por el conductor primario puede alcanzar potencia ilimitada de corto circuito.

Para el desarrollo de esta sección utilizaremos el plantel de dimensiones del diseño propuesto.

Corriente cortocircuito en transformador de pedestal

Específicamente para el cálculo de este tipo de corriente es necesario conocer las características de impedancia del transformador, así como sus rasgos de operación, los cuales podemos encontrar en la Tabla 19-Especificaciones técnicas de transformador de 500 kVA.

TRANSFORMADOR DE 500 KVA		
Potencia	KVA	500
Tensión primaria nominal	V	34500
Tensión secundaria nominal	V	277-480
Frecuencia	Hz	60
Corriente primaria nominal	A	8.367
Corriente secundaria nominal	A	601.42
Aceite superior	°C	60
Promedio del cobre		65
Tensión serie primario / secundario	KV	34.5 / 1.2
Pérdidas en el hierro (vacío) al 100% de Vn	W	1025
Pérdidas en el cobre (carga) a 85 °C	W	5000
Impedancia de cortocircuito a 85 °C	% Vn	5.5
Corriente de excitación al 100% de Vn	% An	0.4
Dimensiones totales aproximadas		
ALTO	mm	1650
ANCHO		1640
FONDO		1340
Peso total	Kg	2500
Volumen de aceite	Lt	900
Norma de fabricación y pruebas		ANSI - IEC
Regulación a plena carga y F.P 0.9	%	2.8
Eficiencia a plena carga y F.P 0.9	%	99.1
Fusible Limitador	A	80
Fusible Bayoneta	A	15
Grupo de Conexión		YY0

Tabla 19-Especificaciones técnicas de transformador de 500 kVA.

Para la corriente de corto circuito del transformador trifásico mediante el método del bus infinito aplicamos la fórmula:

$$IT = \frac{PT}{\sqrt{3} * VLL}$$

Ecuación 6-Corriente de transformador

$$ICC = \frac{IT}{Z}$$

Ecuación 7-Corriente de cortocircuito

Donde:

IT = Corriente transformador.

PT = Potencia transformador .

VLL = Tensión línea línea.

ICC = Corriente corto circuito.

Z = Impedancia.

$$IT = \frac{500 \text{ kVA}}{\sqrt{3} * 0.480 \text{ kV}}$$

$$IT = 601.407$$

$$ICC = \frac{601.407}{0.055}$$

$$ICC = 10934.67 \text{ A} \approx 10.934 \text{ kA}$$

Para la corriente de corto circuito desde el transformador de pedestal hasta el centro de carga de 480 V lo hacemos mediante el método punto a punto, en el cual se indica que la corriente de corto circuito de un punto es igual a la corriente del punto anterior multiplicada por un factor Mn.

$$Iccn = Icc(n - 1) * Mn$$

Ecuación 8-Corriente de cortocircuito

donde:

$$Mn = \frac{C * R * V}{C * R * V + 1.73 * L * Icc(n - 1)}$$

C – Factor de impedancia de cables en canalización.
R – Número de cables en paralelo por fase. Sin unidades.
V – Voltaje de línea a línea. Volts.
ICC = Corriente corto circuito.
L – Longitud de los cables entre buses metros.
Icc(*n* – 1) = Corriente del corto circuito en el punto anterior

En el caso de la alimentación del centro de carga de 480 V, el conductor debe ser capaz de soportar 600 A según la tabla 310.16 del código eléctrico NFPA 70; así, logramos definir que se pueden colocar 2 conductores en paralelo calibre 400 KCMIL tipo THWN-2 en aluminio con capacidad de 305 A.

De este modo, con base en la planta de dimensiones del diseño propuesto, conocemos que la distancia del cableado entre el transformador de pedestal al centro de carga de 480 V es de 10 metros.

Por otro lado, el factor de impedancia de cables en canalización se toma de la Tabla 21 Impedancia (*Z*) de conductores.

$$I_{ccn} = 10.934kA * Mn$$

donde:

$$Mn = \frac{0.216 * 2 * 480}{0.216 * 2 * 480 + 1.73 * 0.01 * 10.934}$$

$$Mn = 0.999$$

$$I_{ccn} = 10.934kA * 0.999$$

$$I_{ccn} = 10.924 kA$$

Para la corriente de corto circuito del cable desde el centro de carga de 480 V al transformador seco 480/208 V lo hacemos mediante el método punto a punto.

Asimismo, basados en la planta de dimensiones del diseño propuesto conocemos que la distancia del cableado entre el transformador seco al centro de carga de 480 V es de 5 metros.

En el caso de la alimentación del transformador 480/208 V, el conductor debe ser capaz de soportar 54 A según en la tabla 310.16 del código eléctrico NFPA 70, por lo que logramos definir que se pueden colocar 1 conductor calibre 6 XHHW-2 en aluminio con capacidad de 55 A.

$$I_{ccn} = 10.924kA * Mn$$

donde:

$$Mn = \frac{2.47 * 1 * 480}{2.47 * 1 * 480 + 1.73 * 0.005 * 10.924}$$

$$Mn = 0.9999$$

$$I_{ccn} = 10.934kA * 0.9999$$

$$I_{ccn} = 10.923 \text{ kA}$$

Corriente de corto circuito transformador seco

Para el cálculo de la corriente de corto circuito es necesario conocer las características de impedancia del transformador, así como sus características de operación, los cuales podemos encontrar en la Tabla 20-Transformador seco de 45 kVA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE TRANSFORMADOR DE 45 KVA		
Potencia	KVA	45
Tensión primaria nominal	V	480
Tensión secundaria nominal	V	208-120
Frecuencia	Hz	60
Corriente primaria nominal	A	55,09
Corriente secundaria nominal	A	125,05
Aceite superior	°C	60
Promedio del cobre		65
Tensión serie primario / secundario	KV	1,2/ 1.2
Pérdidas en el hierro (vacío) al 100% de Vn	W	180
Pérdidas en el cobre (carga) a 85 °C	W	710
Impedancia de cortocircuito a 85 °C	% Vn	3

Corriente de excitación al 100% de Vn	% An	1
Norma de fabricación y pruebas		ANSI – NTC
Grupo de Conexión		YY0

Tabla 20-Transformador seco de 45 kVA

Para la corriente de corto circuito en la salida del transformador trifásico se aplica la fórmula:

$$ICC = \frac{PT \times 1000}{\sqrt{3} * VLL * Z}$$

Ecuación 9-Corriente de cortocircuito

Donde:

PT = Potencia transformador

VLL = Tensión línea línea

ICC = Corriente corto circuito

Z = Impedancia.

$$ICC = \frac{45 \times 1000}{\sqrt{3} * 208 * 0.03}$$

$$ICC = \frac{45 \times 1000}{\sqrt{3} * 208 * 0.03}$$

$$ICC = 4168,52 \text{ A} \approx 4.169 \text{ kA}$$

Por otra parte, con base en la planta de dimensiones del diseño propuesto, conocemos que la distancia del transformador seco al centro de carga de 208 V es de 5 metros.

En el caso de la alimentación del tablero, el conductor debe ser capaz de soportar 125 A según la tabla 310.16 del código eléctrico NFPA 70, por lo que logramos definir que se pueden colocar 1 conductor calibre 1/0 XHHW-2 en aluminio con capacidad de 135 A.

Para el cálculo utilizaremos la formula del método punto a punto.

$$Iccn = 4.169 \text{ kA} * Mn$$

donde:

$$Mn = \frac{0.66 * 1 * 208}{0.66 * 1 * 480 + 1.73 * 0.005 * 4.169}$$

$$Mn = 0.9999$$

$$Iccn = 4.169kA * 0.9997$$

$$Iccn = 4.1679 kA$$

La corriente de corto circuito en las barras gel tablero de 208 V puede alcanzar 4.1679 kA.

Calibre AWG o kcmil	Ohms al neutro / km														
	Reactancia inductiva (X _L) para todos los conductores Ohm/km		Resistencia a la c.a. a 75°C de conductores de cobre Ohm / km			Resistencia a la c.a. a 75°C de conductores de aluminio Ohm / km			Impedancia (Z) de conductores de cobre fp=0,9 Ohm / km			Impedancia (Z) de conductores de aluminio fp=0,9 Ohm / km			
	Conduit de PVC o aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de aluminio	Conduit de acero	
14	0.190	0.240	10.2	10.2	10.2	—	—	—	9.3	9.3	9.3	—	—	—	
12	0.177	0.223	6.6	6.6	6.6	—	—	—	6.0	6.0	6.0	—	—	—	
10	0.164	0.207	3.9	3.9	3.9	—	—	—	3.6	3.6	3.6	—	—	—	
8	0.171	0.213	2.56	2.56	2.56	—	—	—	2.38	2.38	2.40	—	—	—	
6	0.167	0.210	1.61	1.61	1.61	2.66	2.66	2.66	1.52	1.52	1.54	2.47	2.47	2.49	
4	0.157	0.197	1.02	1.02	1.02	1.67	1.67	1.67	0.99	0.99	1.00	1.57	1.57	1.59	
2	0.148	0.187	0.62	0.66	0.66	1.05	1.05	1.05	0.62	0.66	0.68	1.01	1.01	1.03	
1/0	0.144	0.180	0.39	0.43	0.39	0.66	0.69	0.66	0.41	0.45	0.43	0.66	0.68	0.67	
2/0	0.141	0.177	0.33	0.33	0.33	0.52	0.52	0.52	0.36	0.36	0.37	0.53	0.53	0.55	
3/0	0.138	0.171	0.253	0.269	0.259	0.43	0.43	0.43	0.288	0.302	0.308	0.45	0.45	0.46	
4/0	0.135	0.167	0.203	0.22	0.207	0.33	0.36	0.33	0.242	0.257	0.259	0.36	0.38	0.37	
250	0.135	0.171	0.171	0.187	0.177	0.279	0.295	0.282	0.213	0.227	0.234	0.310	0.324	0.328	
300	0.135	0.167	0.144	0.161	0.148	0.233	0.249	0.236	0.188	0.204	0.206	0.269	0.283	0.285	
350	0.131	0.164	0.125	0.141	0.128	0.200	0.217	0.207	0.170	0.184	0.187	0.237	0.252	0.258	
400	0.131	0.161	0.108	0.125	0.115	0.177	0.194	0.180	0.154	0.170	0.174	0.216	0.232	0.232	
500	0.128	0.157	0.089	0.105	0.095	0.141	0.157	0.148	0.136	0.150	0.154	0.183	0.197	0.202	
600	0.128	0.157	0.075	0.092	0.082	0.118	0.135	0.125	0.123	0.139	0.142	0.162	0.177	0.181	
750	0.125	0.157	0.062	0.079	0.069	0.095	0.112	0.102	0.110	0.126	0.131	0.140	0.155	0.160	
1000	0.121	0.151	0.049	0.062	0.059	0.075	0.089	0.082	0.097	0.109	0.119	0.120	0.133	0.140	

Tabla 21 Impedancia (Z) de conductores

Determinación de los conductores

En la selección de conductores es fundamental considerar una serie de parámetros que garanticen la eficiencia y la seguridad en del sistema eléctrico; por esto, dentro de las consideraciones a tomar se encuentran:

1. Intensidad máxima admisible por el cable.

La selección del cable en función de la intensidad máxima admisible se calculará a partir de la potencia que será transportada por el conductor, con base en el cálculo de la intensidad por

medio de la ley de ohm; posterior a esto se selecciona el conductor según la tabla 3.10.16 de la NFPA 70, para lo cual utilizaremos las potencias de las diferentes etapas:

Corrientes tablero TP (480 V)

Corrientes de cable de transformador de pedestal a centro de carga 480 V			
Circuito	Potencia (W)	Tensión (V)	Corriente (A)
Alimentación	498240	480	600

Tabla 22- I Pedestal 480 V

En este caso se coloca la capacidad del breaker más cercano existente en el mercado de 600 A.

Corrientes circuitos de centro de carga 480 V (Trifásico)			
Circuito	Potencia (W)	Tensión (V)	Corriente (A)
Cargador 1	180000	480	216,76
Cargador 2	180000	480	216,76
Centros de carga TS (208V)	45000	480	54,19

Tabla 23- I Circuitos Tablero 480 V

Corrientes tablero TS (208 V)

Corriente de alimentación centro de carga TS (Trifásico)			
Circuito	Potencia (W)	Tensión (V)	Corriente (A)
Alimentación	45000	208	125

Tabla 24- I Tablero 208 V

Corrientes circuitos centro de carga TS (Monofásico)			
Circuito	Potencia (W)	Tensión (V)	Corriente (A)
Iluminación	1500	120	12,5
Tomacorrientes de servicio	1500	120	12,5
Sistema de control de acceso	1500	120	12,5
UPS telecomunicaciones	1500	120	12,5
Tomacorriente 50A	10400	208	50

Tabla 25- I Circuitos Tablero 208 V

Corriente en sección poste- seccionadora

Corrientes alimentación principal			
Circuito	Potencia (W)	Tensión (V)	Corriente (A)
Circuito A-Seccionadora	500000	35000	8
Circuito B-Seccionadora	500000	35000	8

Tabla 26-I Alimentaciones MT

Dimensión de los conductores

Con base en el cálculo de las corrientes, se procede a revisar la tabla 310-16 de la normal NFPA 70 y se hace la revisión del Manual para Redes Eléctricas de Distribución Subterránea para los circuitos de alimentación y se determinan los siguientes calibres de los conductores:

Sección de cable para centro de carga TS			
Circuito	Corriente (A)	Sección AWG-kcmil	Tipo
Iluminación	12,5	12	THHN CU
Tomacorrientes de servicio	12,5	12	THHN CU
Sistema de control de acceso	12,5	12	THHN CU
UPS telecomunicaciones	12,5	12	THHN CU
Tomacorriente 50A	50	12	THHN CU

Sección de cable para centro de carga 480 V			
Circuito	Corriente (A)	Sección AWG-kcmil	Tipo
Cargador 1	216,8	250	XHHW-2 AL
Cargador 2	216,8	250	XHHW-2 AL
Centros de carga TS (208V)	54,2	6	XHHW-2 AL

Sección de cable para transformador de pedestal a centro de carga 480 V			
Circuito	Corriente (A)	Sección AWG-kcmil	Tipo
Alimentación	600	2*400	XHHW-2 AL

Sección de cable para alimentación centro 208 de carga TS			
Circuito	Corriente (A)	Sección AWG-kcmil	Tipo
Alimentación	125,1	1/0	XHHW-2 AL

Sección de cable para alimentación principal			
Circuito	Corriente (A)	Sección AWG-kcmil	Tipo
Circuito A-Seccionadora	8,3	1/0	EPR AL
Circuito B-Seccionadora	8,3	1/0	EPR AL

Tabla 27-Calibre y Tipo de conductores

En el caso del calibre del cable de la alimentación principal, aunque el cálculo de la corriente es muy bajo, se debe tomar en consideración los calibres mínimos estipulados por el Manual para Redes Eléctricas de Distribución Subterránea.

Cálculo de caída de tensión para los circuitos.

La NFPA 70 recomienda que la caída de tensión no exceda el 3% en los circuitos de alimentación y un 6% en total, lo que incluye la caída en el circuito de alimentación y en los circuitos derivados.

La fórmula para calcular la caída de tensión para circuitos monofásico es

$$\Delta V = k * L * I * R / 1000$$

Ecuación 10-Caída de tensión

donde:

ΔV es la caída de tensión (en voltios).

k es una constante ,

I = Corriente (A)

L = Longitud del conductor (ft)

R = Resistencia del conductor (Ω /ft)

$1m = 3,28084ft$

Para el cálculo de las resistencias del conductor utilizamos la Tabla Propiedades de los conductores que aparece en la NFPA70.

Caída de tensión tablero TP (480 V)

Caída de tensión Alimentación

Debido a la corriente de la alimentación es necesario implementar cables en paralelo, para lo cual se utilizarán 2 cables 400 MCM(Kcmil).

Caída de tensión transformador de pedestal a centro de carga 480 V							
Circuito	Potencia (W)	Tensión (V)	Calibre Cable	Distancia (m)	Caída de Tensión (V)	% Caída de tensión	V final (V)
Alimentación	405000	480	2*400	10	2,5	2,05	477,5

Tabla 28-Caída de tensión Transformador de Pedestal a Centro de carga 480 V

Caídas de tensión circuitos

Caída de tensión circuitos centro de carga 480 V							
Circuito	Potencia (W)	Tensión (V)	Calibre Cable	Distancia (m)	Caída de Tensión (V)	% Caída de tensión	V final (V)
Cargador 1	180000	480	250	12	2,2	0,53	477,8
Cargador 2	180000	480	250	18,5	3,3	0,82	476,7
Centros de carga TS(208V)	45000	480	6	5	2,1	0,11	479,8

Tabla 29-Caída de tensión circuitos centro de carga 480 V

Caída de tensión centro de carga 208 V

Caída de tensión Alimentación

Caída de tensión alimentación centro de carga TS (208 V)							
Circuito	Potencia (W)	Tensión (V)	Calibre Cable	Distancia (m)	Caída de Tensión (V)	% Caída de tensión	V final (V)
Alimentación	45000	208	1/0	5	1,0	0,47	207,0

Tabla 30-Caída de tensión alimentación centro de carga TS

Caídas de tensión circuitos.

Caída de tensión circuitos centro de carga TS (208 V)							
Circuito	Potencia (W)	Tensión (V)	Calibre Cable	Distancia (m)	Caída de Tensión (V)	% Caída de tensión	V final (V)
Iluminación	1500	120	12	20,5	3,4	2,9	116,6
Tomacorrientes de servicio	1500	120	12	16,5	2,8	2,3	117,2
Sistema de control de acceso	1500	120	12	2	0,3	0,3	119,7
UPS TELECOMUNICACIONES	1500	120	12	2	0,3	0,3	119,7
Tomacorriente 50A	10400	208	8	24	6,4	3,1	201,6

Tabla 31-Caída de tensión circuitos centro de carga TS

Caída de tensión entre Poste- Seccionadora

Caída de tensión circuitos							
Circuito	Potencia (W)	Tensión (V)	Calibre Cable	Distancia (m)	Caída de Tensión (V)	% Caída de tensión	V final (V)
Circuito A-Seccionadora	500000,00	35000	1/0	19	0,3	0,001	34999,7
Circuito B-Seccionadora	500000,00	35000	1/0	35	0,6	0,002	34999,4

Tabla 32-Caída de tensión circuitos MT

Sistema de puesta a tierra.

En la NFPA 70 se define la resistencia de los electrodos de varilla, tubo y placa como un único elemento, el cual tiene una resistencia a tierra sea igual o menor a 25 ohms. Cuando sea necesario utilizar varios electrodos del tipo barra, tubo o placa para cumplir los requisitos de este artículo, su separación entre sí será no menor de 1,8 m (6 pies); no obstante, en IEEE142 se indica que este valor de 25 ohm no es muy satisfactorio para un sistema de puesta a tierra, además se indica que una resistencia entre 1 a 5 ohm es generalmente la más apropiada para subestaciones de fábricas, edificios y grandes instalaciones comerciales; por tanto, al considerar la naturaleza de la electrolinera, tomaremos 5 ohm como la resistencia deseada para la conexión de puesta a tierra.

Para el cálculo de la tierra aplicarán las recomendaciones del IEEE 142 donde se indica que “Las condiciones promedio de los suelos permiten el uso de varillas de 1/2” (IEEE, 1991), por esto, basados en las características de mercado, estos dispositivos cuentan con una longitud de 2.44 m.

Por otro lado, para determinar la resistividad del terreno se utilizará el método de Wenner, el cual consiste en la colocación de cuatro electrodos en línea recta en el suelo y la distancia entre los electrodos debe ser la misma entre ellos.

Entre los dos electrodos exteriores se aplica una corriente de medida I mediante una fuente y entre los dos electrodos centrales se mide la diferencia de potencial ΔV gracias a un voltímetro.

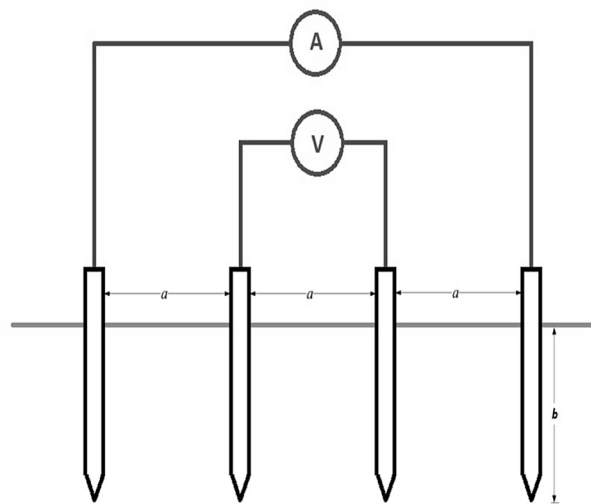


Ilustración 42-Método de Wenner (Ingeniería eléctrica)

La resistividad eléctrica (ρ) se calcula como:

$$\rho = 2\pi a \frac{V}{I}$$

Ecuación 11-Resistividad eléctrica

Donde:

a = distancia entre electrodos

V = voltaje medido

I = corriente aplicada.

El área disponible para la elaboración del sistema de puesta a tierra para el diseño propuesto es la sección en donde se estacionarán los vehículos, la cual está comprendida por un espacio de 70.38 m^2 tal y como se puede observar en la Ilustración 43 Área sistema puesta a tierras.

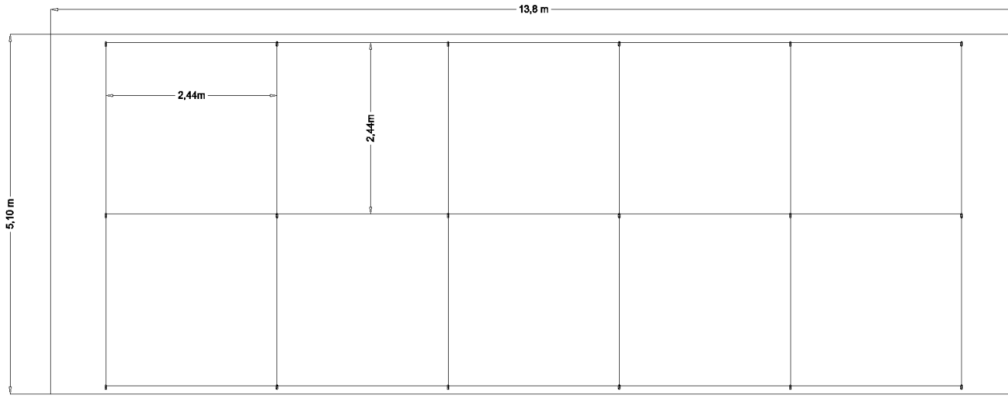


Ilustración 43 Área sistema puesta a tierras

Es imperativo aplicar al menos tres mediciones para lo cual se debe variar la distancia entre los electrodos y también es importante realizarlas en diferentes ubicaciones con el fin de poder obtener un perfil representativo de la resistencia del terreno.

Asimismo, se debe aplicar el modelo de suelo uniforme para obtener la resistividad equivalente acorde al número de mediciones realizadas, para lo cual se utiliza la siguiente ecuación:

$$\rho_{aprox} = \frac{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3 \dots + \rho_n}{n}$$

Ecuación 12-Resistividad total

Donde:

$\rho_1 + \rho_2 + \rho_3 \dots + \rho_n =$ Mediciones realizadas en terreno
 $n =$ numero de mediciones

Con base en la medición de resistividad medida, se procede a diseñar el sistema de puesta a tierra, mientras se toma en cuenta también la cantidad de las varillas de tierra necesarias para asegurar un contacto efectivo con el suelo para conseguir la resistencia deseada de 5 ohm.

Al mismo tiempo, se debe considerar que, tal y como se indica en la norma IEEE 142, la incorporación de una segunda varilla no asegura que la resistencia total se reduzca a la mitad de la resistencia de una sola varilla; una directriz práctica señala que los sistemas de puesta a tierra conformados por entre 2 y 24 varillas dispuestas a una separación entre sí equivalente a la longitud de una varilla, ya sea en configuración lineal, triangular, circular o cuadrada, ofrecerán una resistencia a tierra óptima, la cual se puede estimar mediante la división de la resistencia por el número de varillas y multiplicada por el factor F de la Tabla 33-Factores varillas múltiples (IEEE 1991)

Factores de Multiplicación para Varillas Múltiples	
Número de Varillas	F
2	1.16
3	1.29
4	1.36
8	1.68
12	1.80
16	1.92
20	2.00
24	2.16

Tabla 33-Factores varillas múltiples (IEEE 1991)

Garantizar la seguridad y fiabilidad de la electrolinera.

Es primordial garantizar que la operación de la electrolinera suceda de forma segura para los usuarios y para los equipos utilizados, esto implica seguir una serie de pautas y prácticas determinadas para este fin.

Según las encuestas realizadas a los diferentes profesionales a cargo de la movilidad eléctrica de varias distribuidoras que se pueden observar en el Anexo 14, aunado a la experiencia laboral de los autores de este informe, las malas prácticas de los usuarios al manipular las estaciones de carga y los eventos por vandalismo son de las principales afectaciones que sufren estos equipos.

Se debe entender que para mantener la seguridad y la fiabilidad de la electrolinera de una manera integral es necesario abordar el tema desde diferentes ámbitos. Debido a lo anterior, se extenderán las medidas a tomar en este diseño de manera que incluya tres áreas consideradas críticas para la seguridad y fiabilidad del proyecto: Seguridad en la infraestructura, seguridad en el diseño eléctrico (protecciones) y seguridad eléctrica en la operabilidad de la electrolinera.

Seguridad en la infraestructura

El diseño y la construcción de la electrolinera deberá cumplir con todos los requerimientos estipulados en la norma IEC 61851-23, la cual detalla las especificaciones de los materiales necesarios, los componentes eléctricos y la disposición física de la infraestructura de carga.

Debido a que dentro de la infraestructura se manipularán máquinas eléctricas en plena acción de carga de batería de forma simultánea, la misma debe estar abierta en al menos tres de sus laterales (paredes) para garantizar una ventilación suficiente que permita la liberación de gases en caso de ser necesario el acceso rápido de unidades de emergencia si existiera un siniestro y para contribuir a mantener una temperatura adecuada para la acción de carga, ya que las baterías de los vehículos eléctricos les desfavorecen las altas temperaturas tanto para su funcionamiento como para la carga. Por otra parte, la cubierta superior de la estructura (techo) deberá ser capaz de resguardar los equipos y los vehículos tanto del agua de lluvia como de los rayos del sol de forma directa para evitar los riesgos relacionados a estos factores.

En cuanto a la supresión o contención de posibles incendios o conatos, la estación deberá contar como mínimo con extintores de incendio para riesgos eléctricos, es decir, deberán ser de polvo químico o CO₂ (preferiblemente el último) con el fin de controlar la situación mientras llegan las unidades de emergencia (en caso de ser necesario). En cuanto a la cantidad y la colocación de estos deberán cumplir con lo estipulado en el reglamento de Bomberos de Costa

Rica y la NFPA 10. También se debe velar por que los mismos siempre se encuentren listados, cargados y vigentes, lo que requiere una realizar inspección periódica para garantizar el cumplimiento de este requisito.

Asimismo, se debe contar con una iluminación que abarque todas las zonas de la infraestructura, especialmente la zona de suministro eléctrico, la cual debe alcanzar un mínimo de 400 lx y una iluminación vertical de 150 lx; además, la temperatura de color de la luz debe ser neutra entre los 4000 k y 5000 k, todo esto para dar una mejor visibilidad sin provocar deslumbramientos. La selección de luminarias deberá incluir el requisito de ser confeccionadas de material ignífugo y deberán ser de LED para evitar la producción de chispas por el material incandescente (Lighting Custom Made, s.f.).

Por otra parte, las áreas destinadas a la ocupación de los vehículos durante la acción de carga deberán estar marcadas con pintura reflectiva preferiblemente del tipo epoxi de color amarillo o blanco para una mejor visualización. También será necesario distarse al menos 1.5 metros de la estación de carga con la finalidad de brindar un espacio suficiente para tener un fácil y rápido acceso al equipo para operar de forma adecuada y no generar tensiones innecesarias en el cable del cargador. La distancia entre los vehículos en acción de carga deberá ser mínimo de 2.7 metros para mitigar la propagación de fuego en caso del incendio de un cargador o un vehículo. Asimismo, es importante considerar un espacio aparte para vehículos en espera, esto en el caso de que todas las áreas para carga estén ocupadas y así no generar aglomeraciones que puedan aumentar un riesgo, ya que esto permite dar accesibilidad a unidades de emergencia, o bien, brindar un mejor control para evacuar la zona en caso de emergencia.

Aunado a lo anterior, se colocarán postes de seguridad en color amarillo contiguos a cada cargador para evitar los daños por colisión en los equipos o, en su defecto, una barrera metálica que proteja el equipo de daños por contacto directo.

La electrolinera también deberá contar con un circuito independiente para los servidores y módulos de comunicación inalámbrica que garantice una conexión estable y que abarque toda el área de carga para poder proveer una experiencia confortable al momento de realizar una transacción. Otro circuito estará dedicado al sistema de vigilancia por cámaras (CCTV) que ayude con la monitorización del negocio y que vele por la seguridad de los usuarios y equipos.

Los componentes de alto voltaje como el transformador u otros equipos de alto riesgo deberán permanecer siempre fuera del alcance de los usuarios, resguardados por gabinetes y lejos del área de actividad de carga y recarga para evitar la manipulación de terceros no capacitados para labores de esta índole. Además, deberán contar con las etiquetas de advertencias correspondientes al riesgo eléctrico y altos voltajes.

Finalmente, debido a la exposición a la intemperie que conlleva el servicio de estos equipos, es requisito que cuenten con protección contra la intrusión de cuerpos líquidos de al menos IP54, esto con base en la recomendación hecha por la Guía Técnica BT-30 del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio del gobierno de España. Adicionalmente, deben contar con el máximo grado de protección contra impactos, es decir, la IK10 debido a que están ineludiblemente ubicados en un lugar de circulación de vehículos.

Seguridad en el diseño eléctrico

En caso de que existan circuitos auxiliares para componentes eléctricos de baja tensión que incluyan clavijas (tomacorrientes) en el área donde se ubiquen los centros de carga, estos no

deberán estar a disposición de usuarios o personal no calificado, ya que se considera un área de alto riesgo eléctrico.

De la misma manera, todos los circuitos eléctricos sin excepción deben estar conectados a una tierra común. También las carcasas de los cargadores y de máquinas eléctricas deben redirigir las diferencias de potenciales a través de la malla de puesta a tierra. Esta malla y los cables correspondientes se deberán calcular de acuerdo con las necesidades de cada proyecto a realizar; los datos calculados en el diseño de este proyecto son a manera de ejemplo.

También los equipos deben contar con protecciones de sobretensión y sobre corriente como interruptores termomagnéticos para proteger tanto el equipo en ejercicio como el vehículo del usuario, los cuales deben ser capaces de desconectarse de forma automática en caso de un funcionamiento anormal del circuito.

Es importante considerar la implementación de dispositivos de protección contra sobretensiones (SPD) colocados en configuración tipo cascada (Tipo A, B y C) para brindar protección a los equipos y mitigar las sobretensiones producto de descargas eléctricas atmosféricas, provenientes de la red o de mismos equipos de la electrolinera.

Por último, se debe valorar cada caso en particular para determinar la conveniencia de colocar un pararrayos en la estructura, esto con base en la ubicación geográfica de áreas rurales o lugares muy aislados de otros edificios donde se desee construir la electrolinera.

Seguridad en la operabilidad

Los carriles de ingreso y salida deberán estar señalizados horizontalmente en el suelo y verticalmente con rótulos, así como también tendrán que circular siempre en un solo sentido para lograr una evacuación más efectiva en caso de emergencia. Además, se debe ser enfático en mantener siempre la estación libre de objetos que impidan la libre circulación, líquidos de

cualquier tipo y/o material inflamable acumulado en cualquier presentación para disminuir la potencialidad de incendio o la afectación de cualquier equipo.

De la misma forma, con el fin de garantizar el libre tránsito y el acceso homogéneo de todos los usuarios interesados en utilizar el servicio, los vehículos que finalicen la transacción de carga deberán abandonar inmediatamente el recinto para así dar espacio al siguiente en la fila, evitar aglomeraciones y aumentar riesgos dentro de la infraestructura.

En caso de tormenta eléctrica se deberá suspender el servicio hasta recuperar las condiciones atmosféricas que no supongan ningún riesgo para los usuarios y los equipos, debido a la posibilidad de descarga de altos voltajes a las instalaciones durante las transacciones de carga.

También será necesario mostrarse la reglamentación de uso de los equipos y el procedimiento para cargar mediante la colocación de rótulos ubicados en cada área de carga a una altura que sea de fácil visualización para el usuario y que cumpla con la norma oficial para la utilización de colores en seguridad y su simbología No. 12715-MEIC.

Por su parte, para poder garantizar el servicio continuo de la electrolinera, se realizará la conexión en paralelo a dos circuitos distribuidores de modo que funcionen de forma redundante, esto debido a que, en caso de la caída eventual de alguno de los dos circuitos, pueda continuar la operación de los servicios sin inconvenientes.

Del mismo modo, se debe procurar el cumplimiento del artículo 17-Tiempos de recarga del “Reglamento para la construcción y el funcionamiento de la red de centros de recarga eléctrica para automóviles eléctricos por parte de las empresas distribuidoras de energía eléctrica” que dicta lo siguiente: *“Con el propósito de evitar tiempos de recarga eléctrica excesivos o uso indebido de los centros de recarga, las distribuidoras deberán establecer mecanismos de cobro y señales económicas, así como métodos de desconexión automática o de retiro de los automóviles*

eléctricos que sobrepasen el tiempo de recarga y no lo retiren por cuenta propia". Así, la necesidad de un oficial de seguridad deberá ser evaluada en función de la ubicación del proyecto, para estos fines y también con el objetivo de prevenir actos vandálicos.

Finalmente, se debe elaborar un protocolo que determine la frecuencia de visitas para inspección y mantenimiento adecuados, y constatar lo realizado en cada visita. Además, se recomienda que se documenten mediante una bitácora todos los trabajos preventivos y correctivos realizados a cada equipo.

Costos de inversión y operación de la electrolinera diseñada

Inversión inicial

Para cuantificar monetariamente los cargadores que se utilizarán en este diseño se procuró que las características en cuanto a la potencia, conectividad y sistemas de comunicación de los equipos buscados sean compatibles con lo desarrollado en este trabajo investigativo. Así, se logró localizar mediante el proveedor SAAE ENERGY un cargador de la marca SCAME, el cual dentro de sus características principales incluye: cargador alimentado por 480V con una capacidad de carga de 180 Kw, compuesto por 5 módulos y capaz de cargar simultáneamente dos sesiones con conectores de los tipos CCS1 y GB/T. Estos cargadores tienen un costo final del \$84 185 IVAI. por cada uno, es decir, para colocar dos cargadores de este modelo se deben invertir un total de \$168 370, lo equivalente a ¢86 939 533,2 según el tipo de cambio del BCCR al 02/11/20214 (¢516.36) para la adquisición de estos equipos. Es importante recalcar que este costo incluye la instalación y una capacitación técnica de 4 horas en mantenimiento. La cotización formal de este equipo se encuentra en el anexo 3 de este documento, con el consecutivo N°21SP1992-01.

En cuanto a la mano de obra, específicamente para la elaboración del sector de media tensión, la empresa ASTEC S.A mediante la oferta #144-24 V3 realizó una cotización que incluye

el estudio de ingeniería, la colocación de 3 postes de concreto, la transición aéreo subterráneo, la obra civil de media tensión, el cable 1/0 ERP para 34.5kV, el tiro flojo de media tensión, la realización de las pruebas HI-POT y el transformador de 500 kVA con una tensión en el primario de 34.5 kV y un devanado secundario de 277/480 V. En consecuencia, la elaboración logró obtener un precio a través de la empresa en la cotización del anexo 615 correspondiente a ¢36 641 380.

Con respecto al valor de la seccionadora, no fue posible ubicar un proveedor nacional que proporcionara una cotización de este elemento específicamente de tres vías para 200 A; no obstante, la empresa CFS cuenta con una seccionadora con una capacidad de 600 A, por tanto, se cotizó mediante la oferta #6829-0 este modelo, lo que resultó en un costo de \$101 681.94 o ¢52 504 486.53.

Posteriormente, durante el proceso de investigación de costos para el resto de los componentes del sistema eléctrico, se llevó a cabo con base en un inventario detallado de los elementos y materiales necesarios para la construcción de la infraestructura eléctrica del proyecto. Es importante destacar que los componentes incluidos en la cotización cumplen rigurosamente con las especificaciones técnicas establecidas durante la fase de dimensionamiento de los dispositivos.

La propuesta económica proporcionada por la empresa IESA bajo el consecutivo N°1266909 por un monto total de \$15,143.97 IVAI o su equivalente de ¢7 819 740,34, incluida en el anexo 4, abarca de manera puntual todos los componentes requeridos, lo que incluye tanto los elementos del circuito de 480 V como los del circuito de 120/208 V.

El desglose de la cotización incluye los siguientes elementos:

- Transformador seco de 208Y/120 V, 45 kVA.
- Caja de medición.
- Gabinete para interruptores.

- Interruptor de 400 A.
- Diversos tipos de cables según especificaciones.
- Tubos rectos, curvas y cajas de EMT.
- Conectores.
- Clavijas y tomacorrientes.
- Fococelda para la activación de luminarias.

En cuanto a la seccionadora, no fue posible ubicar en el mercado una que se adapte a las características requeridas, por lo que se estará ampliando esta condición en la sección de limitaciones.

Adicionalmente, todas las partidas referentes al sistema de telecomunicaciones fueron incluidas en la oferta económica planteada por la empresa ENERCOM en la cotización N°102824SP-006 para un monto total de \$3 255.92 o el equivalente en moneda nacional de ¢1 681 226,85, el cual incluye el gabinete donde se colocará el resto de los componentes, una UPS de 1 kVA, cable de fibra óptica, regletas, conectores, entre otros. Esta oferta se adjuntó en el anexo 5.

En resumen, el costo inicial de llevar a cabo el proyecto se compone de la suma de los rubros supra citados, lo que representa un gran total de ¢185 586 406.92.

Inversión operativa

Debido a que se considera la compra de cargadores nuevos, se excluyen temporalmente todos los gastos correspondientes al mantenimiento debido a que regularmente esto es incluido como labores de garantía por parte del proveedor seleccionado durante los primeros años de la adquisición.

Sin embargo, debido al riesgo que representa este negocio se considera de vital importancia contar con un seguro adecuado que lo proteja de cualquier siniestro. Por esto, se consultó con el Instituto Nacional de Seguros y se determinó que el mejor seguro para este tipo de negocio sería el denominado Seguro para Equipo Electrónico, el cual ampara riesgos como incendio, impacto de rayo, explosión, implosión, corto circuito, variaciones de voltaje y gases, y líquidos o polvos corrosivos. De acuerdo con la proforma conseguida en el anexo 6, la prima anual del seguro sería ¢710 826,5 por lo que al seccionarlo de forma mensual resulta en un total de ¢59 235.

Por otro lado, el gasto por internet se verá condicionado por la oferta que exista de los proveedores según la zona. De acuerdo con las diferentes ofertas obtenidas de las páginas web de empresas de telecomunicaciones, se considera un estimado de ¢17000 para un total de 4 megas.

En conclusión, con base en todas las cotizaciones anteriores podemos fijar los costos de inversión operativa mensual en un total de ¢76 235.

Ingresos

Dentro del análisis financiero para la operación de una electrolinera, se ha procedido a realizar una estimación de los ingresos derivados de la venta de servicios de carga eléctrica. Para este cálculo, se ha tomado como referencia la tarifa establecida por la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP), fijada en ¢137 por minuto. Es importante señalar que, si bien a esta tarifa se le debe agregar el Impuesto al Valor Agregado (IVA), dicho impuesto no se ha incluido en los cálculos de ingresos proyectados, dado que este monto se transfiere íntegramente al Ministerio de Hacienda y no constituye un ingreso real para la operación de la electrolinera.

De esta manera, la recuperación de lo invertido estará directamente relacionada con el nivel de utilización de la infraestructura por parte de los usuarios. Es importante destacar que este patrón de uso puede presentar un comportamiento estocástico, influenciado por factores como la

aceptación del servicio y las necesidades fluctuantes de la población. En vista de esta variabilidad, se emitirán recomendaciones sobre la realización de un estudio de factibilidad para obtener proyecciones más precisas.

Por otra parte, para los fines de este proyecto, se ha adoptado un supuesto conservador de utilidad del 70% de los servicios, lo que se traduce en 16,8 horas de operación diaria. No obstante, es crucial señalar que la electrolinera propuesta está equipada con dos cargadores rápidos los cuales tienen dos conectores que pueden operar de forma simultánea, lo que permite cargar 4 vehículos al mismo tiempo. En consecuencia, para los cálculos siguientes, se considerará una disponibilidad efectiva de 67,2 horas diarias, equivalente a 4.032 minutos por día. Si se considera la tarifa de ARESEP de ¢137 por minuto y bajo la premisa de un mes estándar de 30 días, el ingreso diario se calcula en ¢552,384.00, lo que resulta en un ingreso mensual proyectado de ¢16,571,520. Es importante destacar que esta estimación supone una venta constante y no toma en cuenta posibles variaciones en la demanda, meses con diferente cantidad de días ni descuentos u otras condiciones que podrían afectar el ingreso real.

Así, al considerar como ganancia real el resultado de la deducción de lo invertido operativamente al ingreso mensual, obtenemos un total de ¢16,495,285. Por tanto, se puede observar cómo, gracias al poco gasto operativo que conlleva este tipo de negocio, se logra que los ingresos mensuales sean muy cercanos a la ganancia real.

Bajo esta premisa, en un período de aproximadamente 12 meses se alcanzaría la suma total de ¢197 943 420 cubriendo así la inversión inicial requerida para el negocio.

Planos del diseño resultante

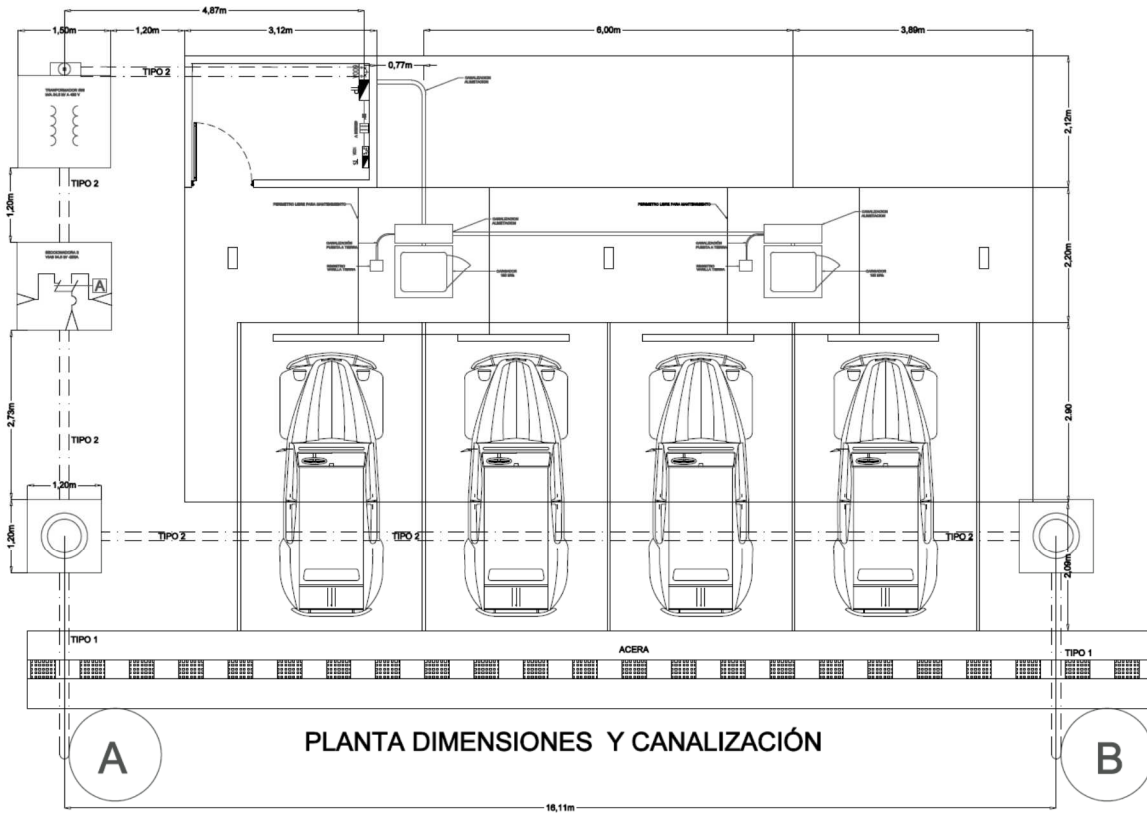


Ilustración 44-Diseño arquitectónico de la electrolinera

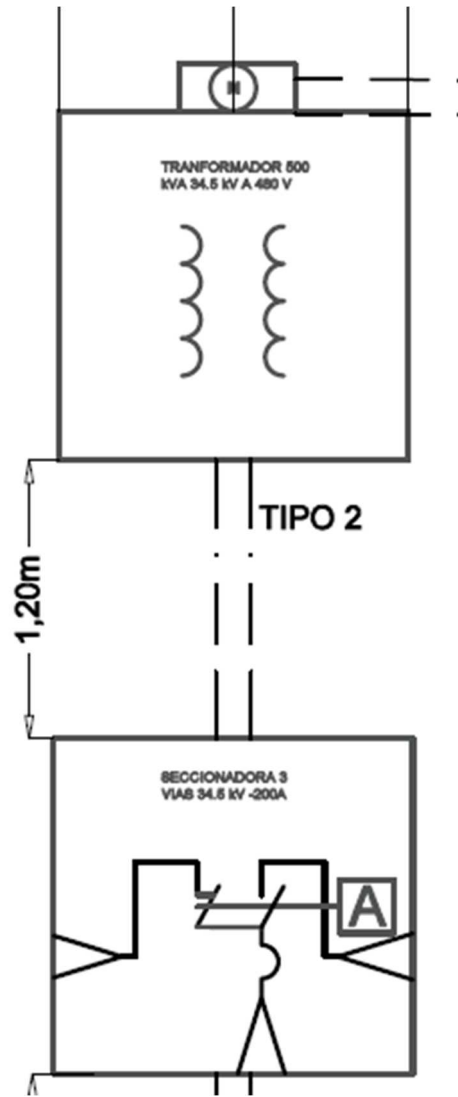


Ilustración 45-Transformador 500 kVA 34.5 kV a 480 V y seccionadora 3 vías 34.5 kVA 200 A

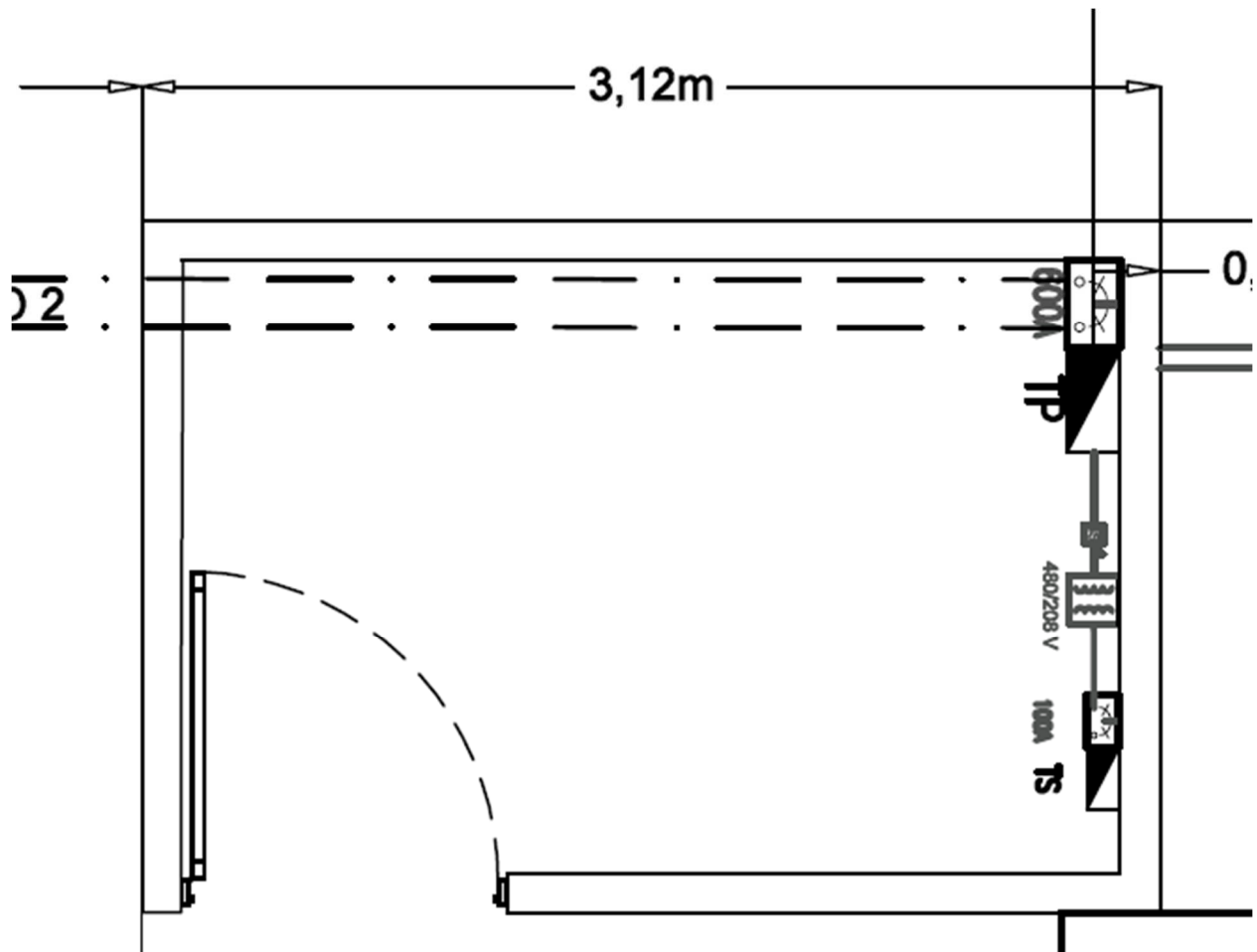


Ilustración 46-Cuarto eléctrico

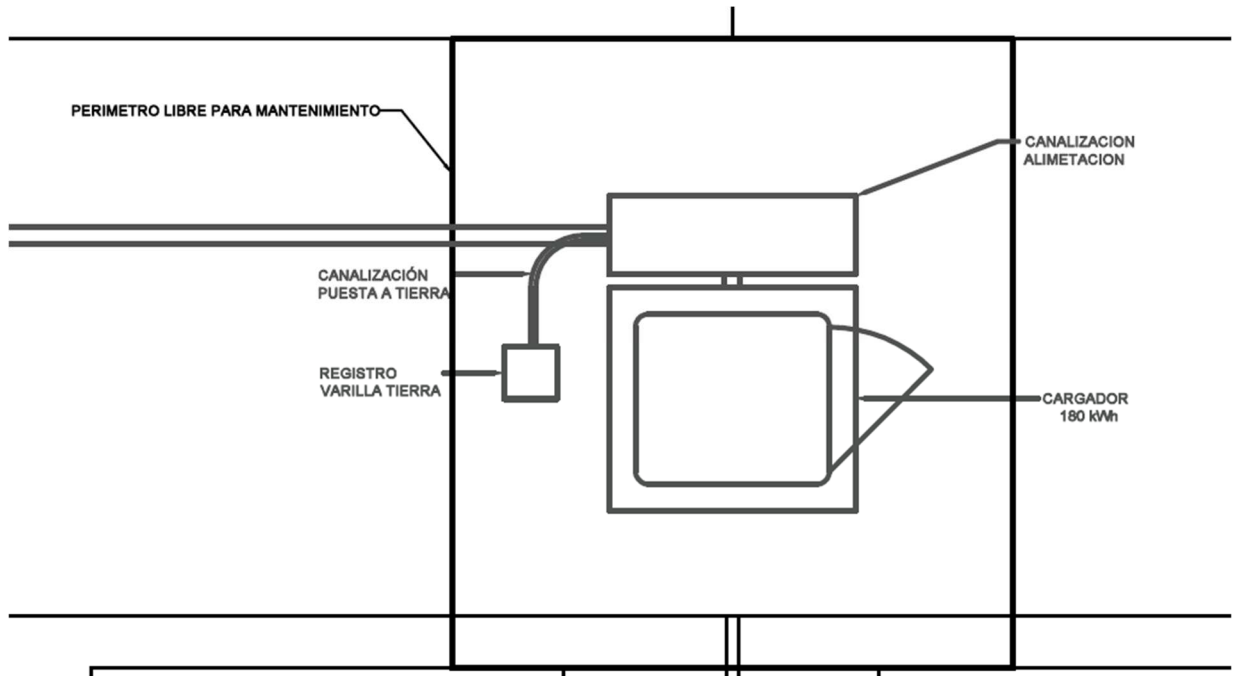


Ilustración 47-Ejemplo de conexión de cargador

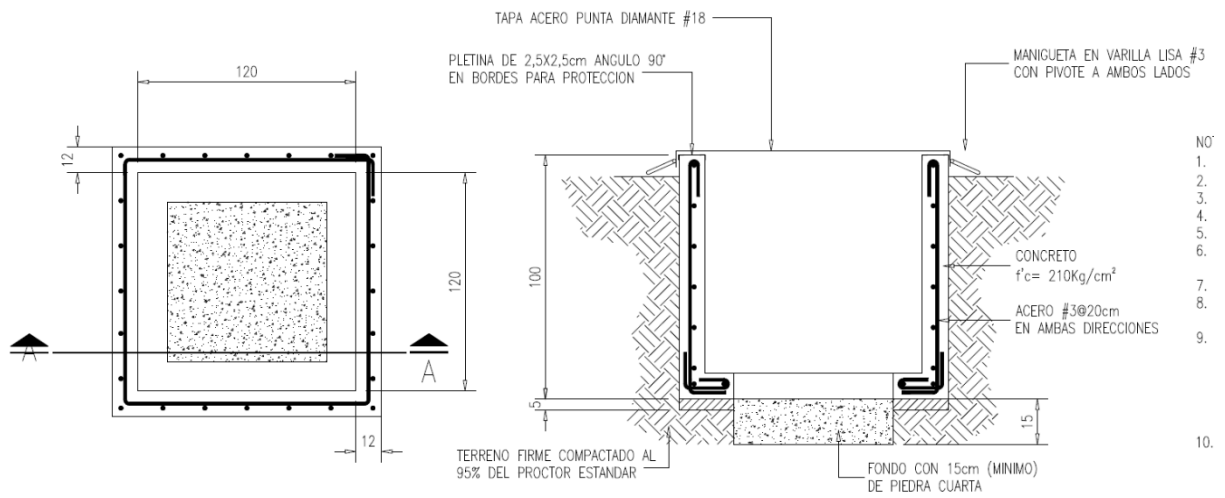


Ilustración 48-Ficha técnica de las cajas subterráneas

NOTAS:

1. CONCRETO 210Kg/cm².
2. ACERO VERTICAL Y HORIZONTAL #3.
3. ALTURA DE ARQUETA 100cm LIBRES.
4. MEDIDAS DADAS EN CENTIMETROS.
5. EL POCILLO SERA DE 20X20X20cm.
6. SELLO DE NEOPRENO ALREDEDOR DE LA TAPA
7. ACABADO DE PAREDES EN REPELLO FINO
8. LA CAJA DEBERA SER IMPERMEABILIZADA CON PENETRON.
9. TODAS LAS SUPERFICIES METALICAS PINTADAS CON UNA CAPA EN MINIO ROJO Y DOS CAPAS DEL COLOR QUE INDIQUE EL ARQUITECTO. LA PINTURA PARA EXTERIORES SERA SEGUN ESPECIFICACIONES ARQUITECTONICAS.
10. TAPA CON DOBLES EN LOS BORDES DE 5 CM EN TODAS LAS CARAS DE LA TAPA

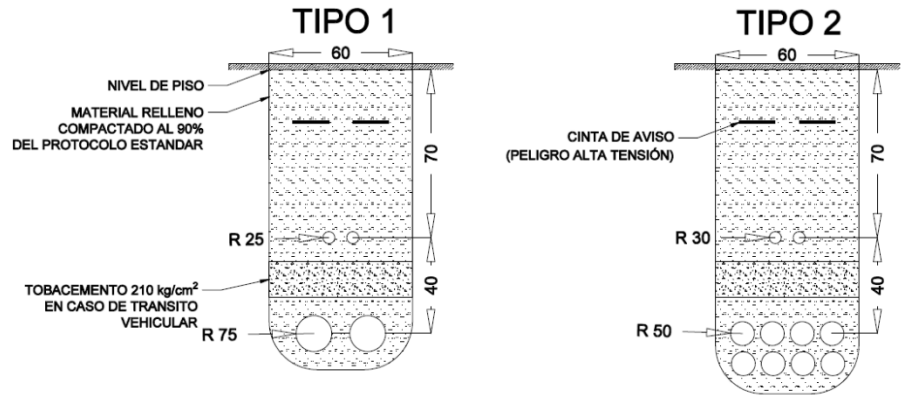


Ilustración 50-Ficha técnica de las canalizaciones subterráneas

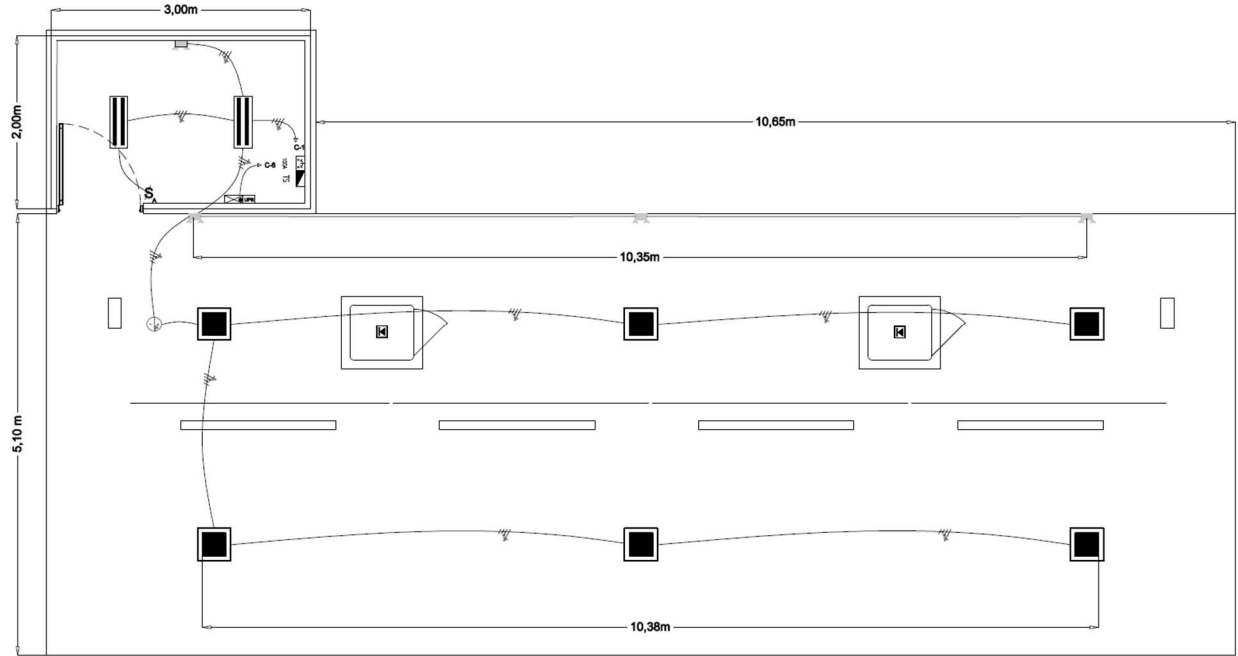


Ilustración 49-Planta de iluminación y telecomunicaciones

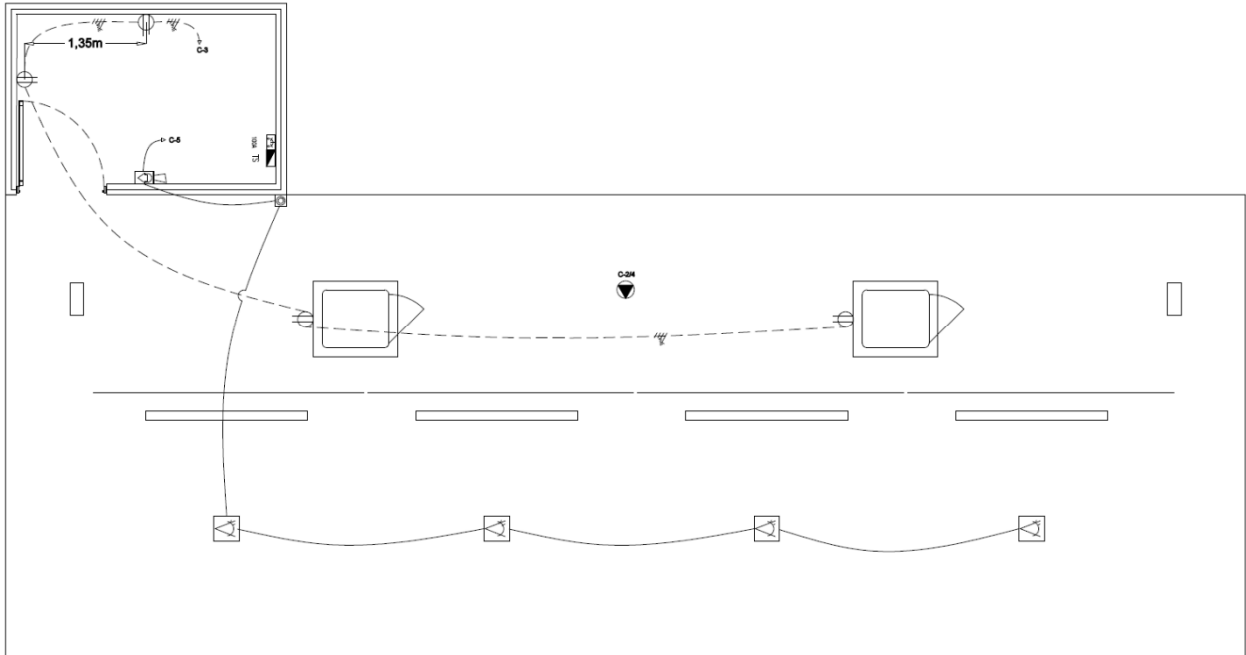


Ilustración 52-Planta de tomacorrientes y sistema de detección

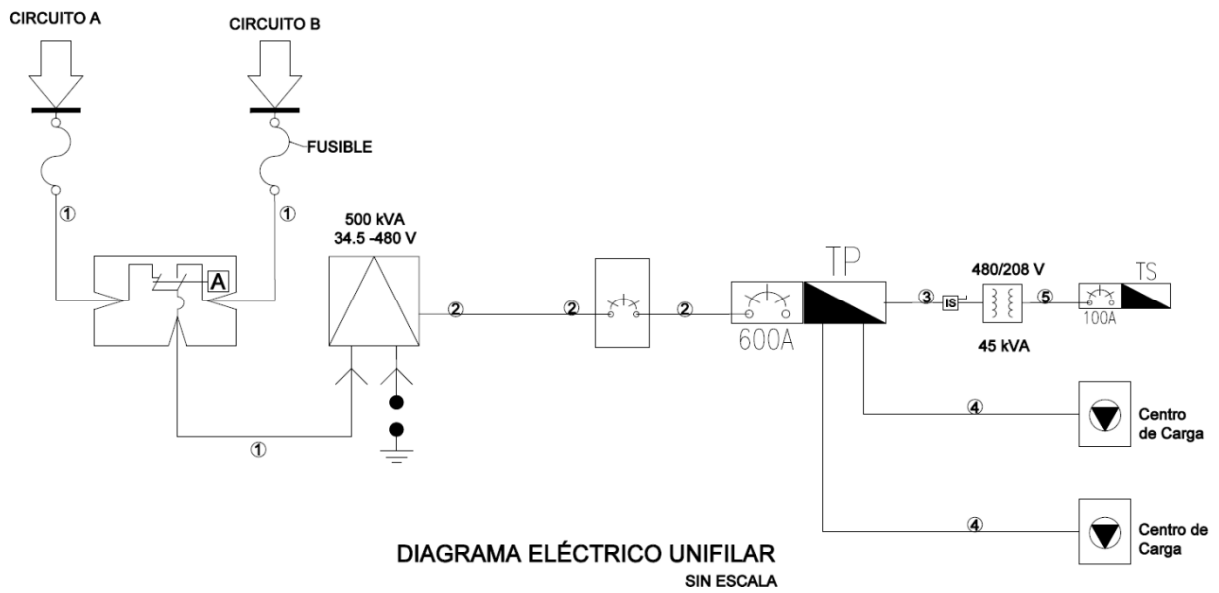


Ilustración 51-Diagrama eléctrico unifilar

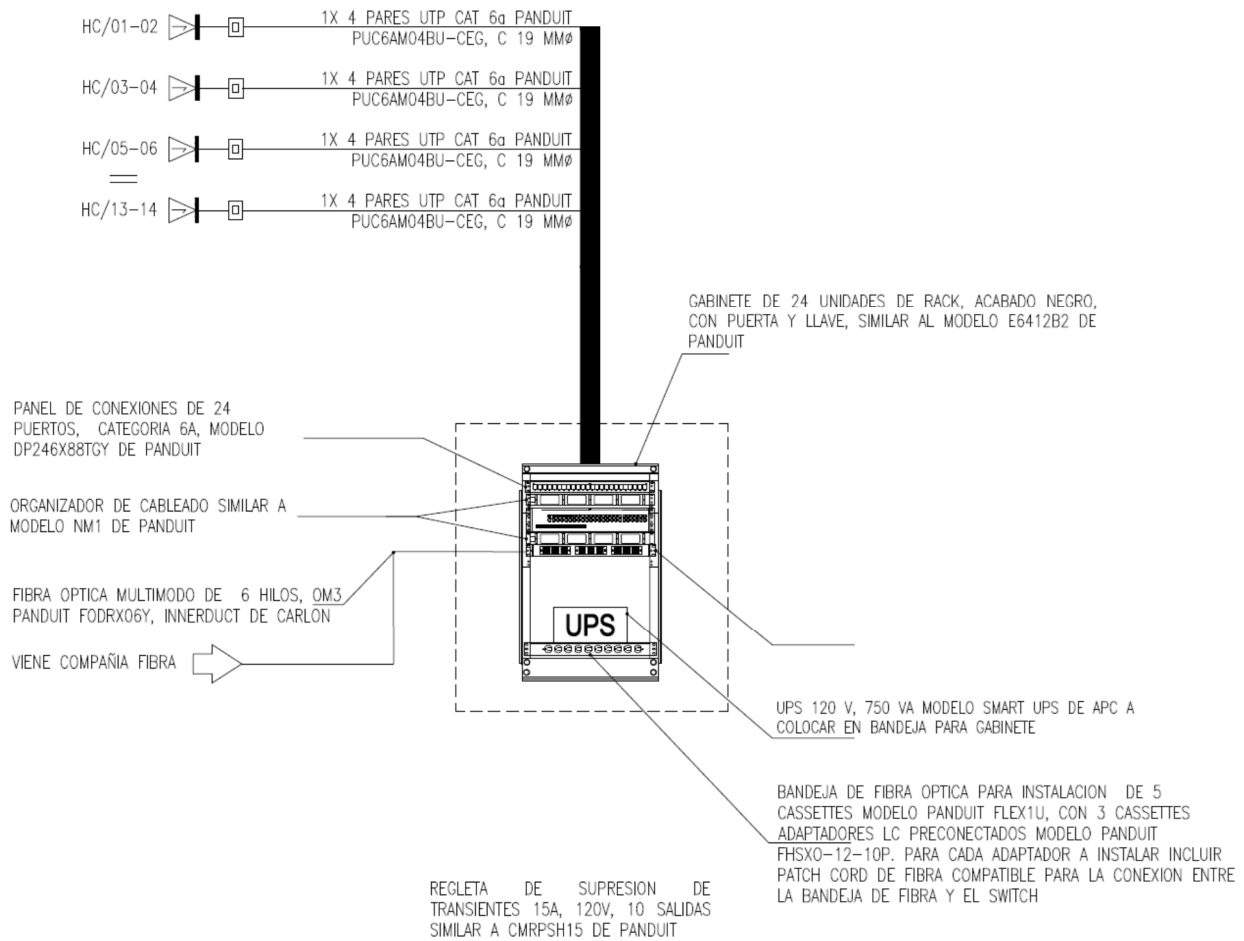


Ilustración 54-Diagrama de telecomunicaciones

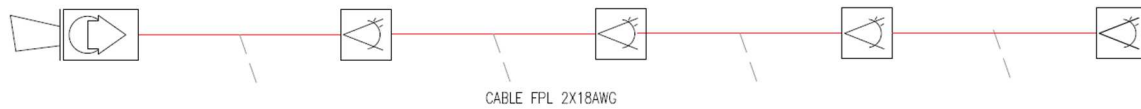
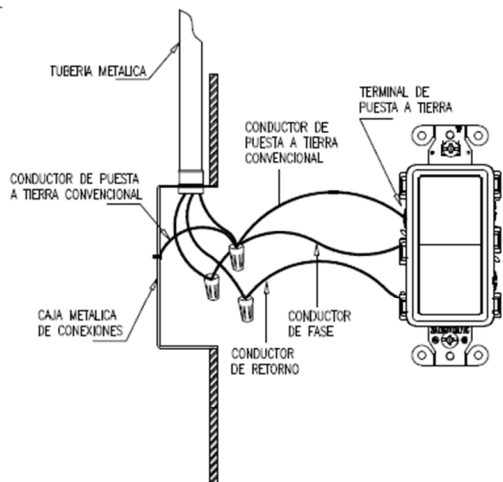
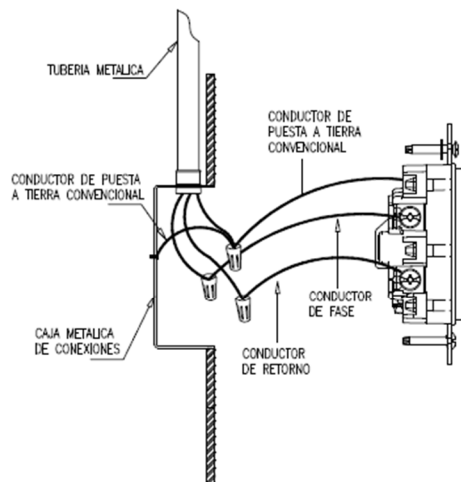


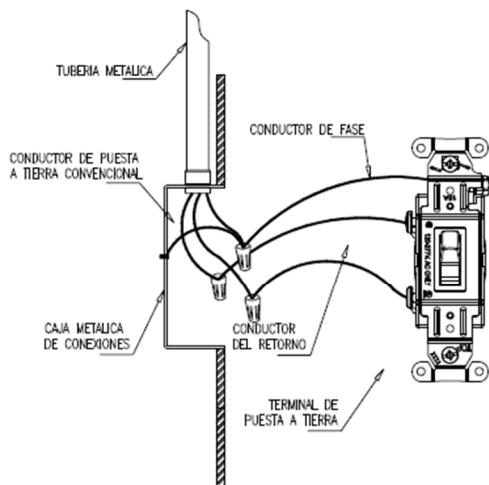
Ilustración 53-Unifilar sistema de detección



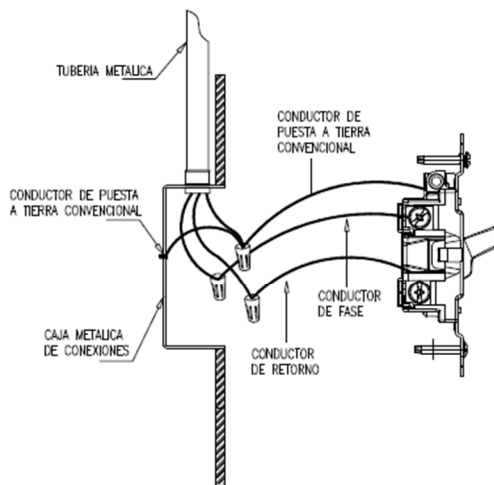
VISTA FRONTAL
INTERRUPTOR CON PUESTA A TIERRA
CONVENCIONAL ESTILO DECORATIVO



VISTA LATERAL
INTERRUPTOR CON PUESTA A TIERRA
CONVENCIONAL ESTILO DECORATIVO

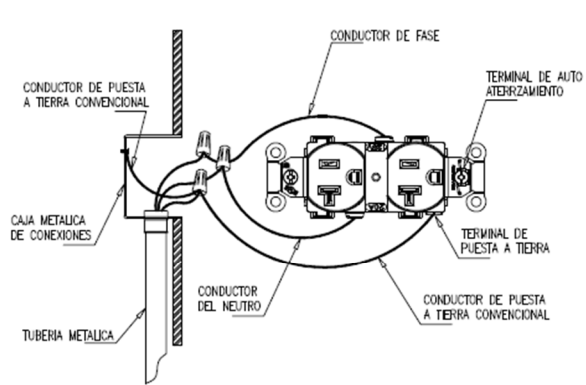


VISTA FRONTAL
INTERRUPTOR CON PUESTA A TIERRA
CONVENCIONAL ESTILO TOGGLE

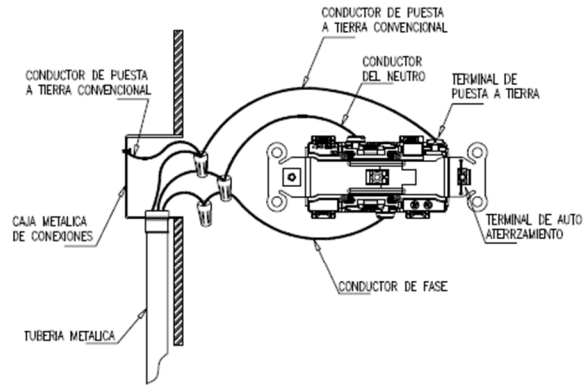


VISTA LATERAL
INTERRUPTOR CON PUESTA A TIERRA
CONVENCIONAL ESTILO TOGGLE

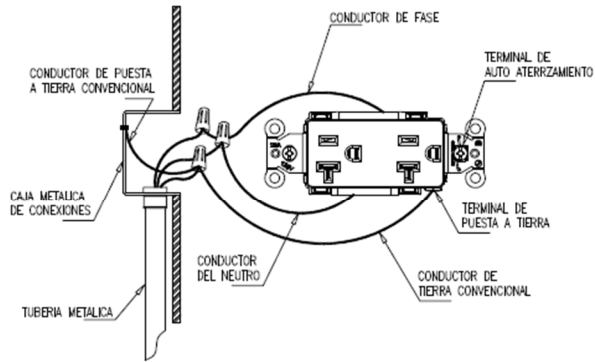
Ilustración 55-Alambrado de interruptores con sistema puesta a tierra convencional



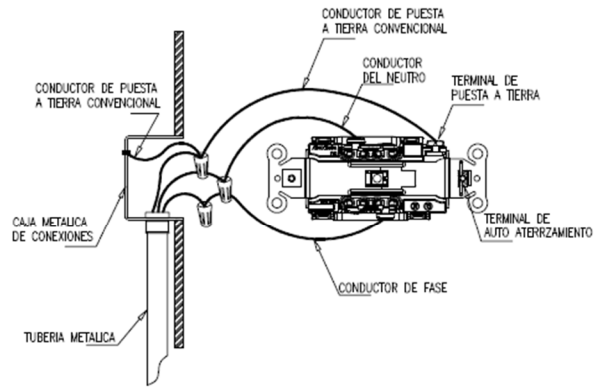
VISTA FRONTAL
TOMACORRIENTE CON PUESTA A TIERRA
CONVENCIONAL Y AUTOATERRIZADO
ESTILO TRDICIONAL



VISTA POSTERIOR
TOMACORRIENTE CON PUESTA A TIERRA
CONVENCIONAL Y AUTOATERRIZADO
ESTILO TRDICIONAL



VISTA FRONTAL
TOMACORRIENTE CON PUESTA A TIERRA
CONVENCIONAL Y AUTO ATERRIZADO
ESTILO DECORATIVO



VISTA POSTERIOR
TOMACORRIENTE CON PUESTA A TIERRA
CONVENCIONAL Y AUTO ATERRIZADO
ESTILO DECORATIVO

Ilustración 56-Alambrado de tomas con sistema de puesta a tierra convencional únicamente

CENTRO DE CARGA 208 V 'TS'															CAPACIDAD DE BARRAS:		125		A											
TABLERO TRIFASICO 120/240V CON GABINETE NEMA 1, UL LISTED.															INTERRUPTOR PRINCIPAL		125		A											
MODELO: PRL1 DE 18 ESPACIOS DE LA MARCA EATON															CAPACIDAD INTERRUPTIVA		65		kA											
SUPRESOR DE TRANSIENTES:															FACTOR DE POTENCIA:		90													
SISTEMA: TRIFASICO															FACTOR DE DEMANDA:		1													
Polo	Carga VA	Disyuntor Tipo	Descripción del Circuito	Circuitos Ramales			Protección	Ø	CV	CARGA EN VA			CV	Ø	Protección	Circuitos Ramales			Disyuntor Tipo	Carga VA	Polo									
				F	N	T	CUJAL	Amps	Poles	(mm)	MTS	(%)	A	B	C	(%)	MTS	(mm)	Poles	Amps	F	N	T	CUJAL	Descripción del Circuito	Disyuntor Tipo	Carga VA	Polo		
1	1500	BAB AF/GF	Iluminación	12	12	12	CU	20	1	13	20.5	2.9%	6 500			3.1%	24	32	2	50	8		8	CU	Tomacorriente 50A	BAB	5000	2		
3	1500	BAB AF/GF	Tomacorrientes de servicio	12	12	12	CU	20	1	13	16.5	2.3%		6 500															5000	4
5	1500	BAB AF/GF	Sistema de control de acceso	12	12	12	CU	20	1	13	2	0.3%			3 000	0.3%	2	13	1	20			12	12	12	CU	LIBRE	BAB AF/GF	1500	14
7			LIBRE																										8	
9			LIBRE																										10	
11			LIBRE																										12	
13			LIBRE																										14	
15			LIBRE																										16	
17			LIBRE																										18	

ALIMENTADOR PRINCIPAL		RESUMEN			CENTRO DE CARGA 208 V 'TS'			FACTOR DE DEMANDA 100%		
LONGITUD (m)	5	51mm Ø PVC			BARRAS	125	A	CARGA FASE A (VA)	CARGA FASE B (VA)	CARGA FASE C (VA)
CONDUCTORES		CAIDA DE VOLTAJE			I NOMINAL	44	A	6 500	6 500	3 000
3#	1/0	XHHW-2 SERIE 8000	0.47%		I DEMANDADA	44	A	DEMANDA FASE A (VA)	DEMANDA FASE B (VA)	DEMANDA FASE C (VA)
1#	1/0	XHHW-2 SERIE 8000			INTERRUPTOR PRINCIPAL	100	A	6 500	6 500	3 000
1#	4	XHHW-2 SERIE 8000			CAPACIDAD INTERRUPTIVA	10	kA	VA TOTAL	VA DEMANDADOS	
MODELO		PRL118125		EATON	16 000		16 000			

Ilustración 60-Distribución centro de carga 208 V

CENTRO DE CARGA 480 V 'TP'															CAPACIDAD DE BARRAS:		800		A											
TABLERO TRIFASICO 480/277V CON GABINETE NEMA 1, UL LISTED.															INTERRUPTOR PRINCIPAL		600		A											
MODELO: PRL3X INTERRUPTOR PRINCIPAL 600 A MARCO LD TAMARO 40X CON NEUTRO MONTAJE SUPERFICIAL															CAPACIDAD INTERRUPTIVA		65		kA											
SUPRESOR DE TRANSIENTES:															FACTOR DE POTENCIA:		95													
SISTEMA: TRIFASICO															FACTOR DE DEMANDA:		1													
Polo	Carga VA	Disyuntor Tipo	Descripción del Circuito	Circuitos Ramales			Protección	Ø	CV	CARGA EN VA			CV	Ø	Protección	Circuitos Ramales			Disyuntor Tipo	Carga VA	Polo									
				F	N	T	CUJAL	Amps	Poles	(mm)	MTS	(%)	A	B	C	(%)	MTS	(mm)	Poles	Amps	F	N	T	CUJAL	Descripción del Circuito	Disyuntor Tipo	Carga VA	Polo		
1	60000												120 000																60000	2
3	60000	JD3225	Cargador 1	250	250	250	AL	225	3	50	12	0.53%	120 000			0.82%	18.5	32	3	225	250	250	250	AL	Cargador 2	DF3050	60000	4		
5	60000												120 000																60000	6
7	15000												15 000																8	
9	15000	JD3225	Centro de Carga TS	6	6	6	AL	50	3	50	2	0.11%	15 000							3	30				SUPRESOR	DF3030	15 000	10		
11	15000												15 000																12	

ALIMENTADOR PRINCIPAL		RESUMEN			CENTRO DE CARGA 480 V 'TP'			FACTOR DE DEMANDA 100%		
LONGITUD (m)	10	51mm Ø PVC			BARRAS	800	A	CARGA FASE A (VA)	CARGA FASE B (VA)	CARGA FASE C (VA)
CONDUCTORES		CAIDA DE VOLTAJE			I NOMINAL	488	A	135 000	135 000	135 000
3#	2'400	XHHW-2 SERIE 8000	2.1%		I DEMANDADA	488	A	DEMANDA FASE A (VA)	DEMANDA FASE B (VA)	DEMANDA FASE C (VA)
1#	2'400	XHHW-2 SERIE 8000			INTERRUPTOR PRINCIPAL	600	A	135 000	135 000	135 000
1#	1/0	XHHW-2 SERIE 8000			CAPACIDAD INTERRUPTIVA	65	kA	VA TOTAL	VA DEMANDADOS	
MODELO		PRL3X		EATON	405 000		405 000			

Ilustración 61-Distribución centro de carga 480 V

TABLA RESUMEN DEL PROYECTO CON TRANSFORMADOR						
DETALLE		TRANSFORMADOR 480 V		TRANSFORMADOR 208 V		
TOTALES		DETALLE		TOTALES		
KVA TRANSFORMADOR	500	KVA TOTALES	500	KVA TOTALES	45	
FACTOR DE DEMANDA	0,81	FACTOR DE DEMANDA	0,81	FACTOR DE DEMANDA	0,36	
KVA DEMANDADOS	405	KVA DEMANDADOS	405	KVA DEMANDADOS	16	
FACTOR DE POTENCIA	0,9	FACTOR DE POTENCIA	0,9	FACTOR DE POTENCIA	0,9	
ACOMETIDA MEDIA TENSION			TABLERO TP		TABLERO TS	
TIPO DE SISTEMA	TRIFÁSICO	TIPO DE SISTEMA	TRIFÁSICO	TIPO DE SISTEMA	TRIFÁSICO	
LINEAS VIVAS	3 # 1/0 EPR	LINEAS VIVAS	6 # XHHW-2 SERIE 8000	LINEAS VIVAS	3 # 1/0 XHHW-2 SERIE 8000	
		NEUTRO	2 # XHHW-2 SERIE 8000	NEUTRO	1 # 1/0 XHHW-2 SERIE 8000	
TIERRA	1 # 1/0 AWG	TIERRA	1 # 1/0 AWG	TIERRA	1 # 1 XHHW-2 SERIE 8000	
CANALIZACIÓN	100 mm Ø PVC SCH 80	CANALIZACIÓN	100 mm Ø PVC SCH 80	CANALIZACIÓN	51 mm Ø PVC SCH 80	
LONGITUD (MTS)	19 -35	LONGITUD (MTS)	10	LONGITUD (MTS)	5	
VOLTAJE NOMINAL	35 Kv	VOLTAJE NOMINAL	480	VOLTAJE NOMINAL	208	
VOLTAJE CALCULADO	35 kV	VOLTAJE CALCULADO	470,16	VOLTAJE CALCULADO	207,0	
% CAIDA DE VOLTAJE	0,001 - 0,002	% CAIDA DE VOLTAJE	2,05%	% CAIDA DE VOLTAJE	0,47%	

Ilustración 62-Resumen de proyecto

Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones.

Conclusiones

1) La fase posinvestigación deberá enfocarse en divulgar el diseño a las distribuidoras eléctricas con el objeto de fomentar su implementación, así como considerar alianzas privadas.

2) Se concluye que los conectores más usados en vehículos eléctricos nacionales son los tipos CSS1 Y GB/T, los cuales fueron los seleccionados para el diseño de la electrolinera en cuestión. La carga rápida se define como 15% a 80% de la batería, lo que durará en promedio 33 minutos con potencias de 75-100 kW. Este ciclo es considerado con base en una potencia promedio de carga de entre 75 kW a 100 kW, por lo tanto, se denomina este como un rango de potencia adecuada para la adquisición de los cargadores.

3) Las políticas gubernamentales para reducir la huella de carbono impulsan el uso de vehículos eléctricos, lo que aumenta la demanda de energía y sistemas de carga. Esto podría afectar la red eléctrica con sobrecargas y distorsión armónica.

4) Se dimensionaron y seleccionaron componentes eléctricos basados en análisis previos. Se determinaron especificaciones técnicas y se elaboraron planos detallados, anexos al documento.

5) Tras el diseño eléctrico, se formularon recomendaciones para la operación segura y eficiente de la electrolinera, categorizadas en seguridad de infraestructura, complementario del diseño eléctrico y operabilidad.

6) Se calcularon costos de inversión para componentes eléctricos con un resultado de $\$185\,586\,406$ y para los de operación por $\$76\,235$. Aunado a esto se hizo el cálculo de ganancias mensuales de $\$16,495,285$, lo que recuperaría la inversión en un promedio de 12 meses.

7) El diseño incorpora los conectores GBT y CSS, los más utilizados en nuestro país, con cargadores de 160 kW bifurcados en dos salidas de 80 kW cada una. Esto permite una carga rápida

del 15% al 80% de la batería en aproximadamente 30 minutos. Con dos cargadores, la estación puede atender hasta 4 vehículos por hora.

8) Finalmente, el diseño prioriza la seguridad de usuarios y equipos, mientras se ofrece un servicio rápido, cómodo y atractivo para todos los participantes, lo que fomenta la expansión de la movilidad eléctrica.

Recomendaciones

- 1) Se recomienda desarrollar un análisis/estudio de posibles lugares para llevar a cabo un proyecto de esta índole. Se considera pertinente ubicarlo en una zona donde permanezca custodiado como zonas condominales, centros comerciales u otros espacios comunales que permitan una vigilancia continua. Esto permitirá disminuir considerablemente eventos por daños vandálicos y controlar aquellos provocados por malas prácticas de usuarios, además de reducir el costo de operación al no necesitar sistemas de cámaras o seguridad exclusivos, esto brindará una recuperación económica de la inversión más acelerada.
- 2) Adicionalmente, se deberá realizar de forma complementaria e independiente estudios de mercado, estudios de suelo, análisis de disponibilidad eléctrica y cualquier otra característica pertinente a considerar para la viabilidad de la construcción del diseño según el punto geográfico en el que se desee llevar a cabo.
- 3) Para mitigar el impacto de los vehículos eléctricos en la red de distribución, se proponen tarifas escalonadas por horario e integración de energías renovables. Estas estrategias buscan mejorar la eficiencia energética y reducir los picos de demanda en la red eléctrica.

- 4) Se recomienda optimizar el sistema tarifario actual de carga de vehículos eléctricos que corresponda de una tarifa única por minuto a un modelo que considere la potencia entregada. Esta modificación se justifica por la variabilidad en el consumo energético entre diferentes vehículos, incluso en intervalos de tiempo similares. Un sistema tarifario más dinámico y adaptativo podría aumentar las ganancias de las infraestructuras de carga, lo que fomenta así el desarrollo de más negocios en este sector.

Limitaciones del proyecto

Durante la investigación se identificó una limitante relacionada con el objetivo de crear un diseño adaptable a diversas ubicaciones geográficas, específicamente en el cálculo de corrientes de cortocircuito y las densidades del suelo, las cuales varían según las condiciones locales de cada sitio potencial para una electrolinera. Debido a la falta de datos específicos, se recurrió a cálculos basados en metodologías teóricas con el fin de garantizar el cumplimiento de estos aspectos como medida provisional. Sin embargo, esta limitante no compromete la validez del diseño, sino que destaca la necesidad de realizar ajustes durante la fase de implementación, en la que estudios en sitio serán esenciales para garantizar una óptima adaptación a las características particulares de cada lugar.

Otra limitación es la ausencia de infraestructuras similares en el ámbito nacional, lo que impide realizar análisis que se puedan comparar en aspectos constructivos y operativos. Esta carencia priva al estudio de la posibilidad de incluir variables basadas en experiencias prácticas y de evaluar el comportamiento y la aceptación de los usuarios potenciales.

La investigación, sin embargo, logra evaluar las tendencias tecnológicas más avanzadas y requeridas en el ámbito de la movilidad eléctrica en nuestro país, con el objetivo de desarrollar un

diseño eléctrico para una electrolinera que cumpla con las demandas de la flota vehicular eléctrica. Esto genera una expectativa positiva de aceptación por parte por los usuarios y un modelo de negocio estable. La implementación de estas infraestructuras en distintas partes del país contribuirá a satisfacer futuras necesidades de demanda energética y fomentará la adopción de vehículos eléctricos, lo que apoyará los planes del Gobierno de la República de Costa.

Referencias

- AIE. (2023). *Relación entre puntos de recarga públicos y vehículos eléctricos de batería en países seleccionados y participación en el stock de vehículos eléctricos de batería, 2015-2022*. Obtenido de <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/public-charging-point-per-battery-electric-ldv-ratio-in-selected-countries-against-battery-electric-ldv-stock-share-2015-2022>, Licencia: CC BY 4.0
- AVOLTA ENERGY. (15 de marzo de 2022). *AVOLTA ENERGY*. Obtenido de <https://www.avoltaenergy.com/tipos-de-cargadores-para-autos-electricos/>
- Briceno-Garmendia, C., Qiao, W., & Foster, V. (2022). *The Economics of Electric Vehicles for Passenger Transportation*. Washington, DC.
- Camarillo, B. (31 de octubre de 2022). *La República*. Recuperado el 12 de junio de 2024, de <https://www.larepublica.net/noticia/costa-rica-es-el-cuarto-pais-de-latinoamerica-con-mas-puntos-de-recarga-para-carros-electricos>
- Carrara, M. (15 de marzo de 2024). *No pone reversa. Costa Rica mantiene el 10% de cuota de mercado de vehículos eléctricos*. Recuperado el 15 de setiembre de 2024, de MOBILITY PORTAL LATINOAMERICA: <https://mobilityportal.lat/costa-rica-vehiculos-electricos/#:~:text=Costa%20Rica%20mantiene%20as%C3%AD%20su,como%20Uruguay%2C%20Chile%20o%20Colombia>.
- Centro de Movilidad Sostenible. (2024 de abril de 2024). *Centro de Movilidad Sostenible*. Obtenido de Hacia un futuro de transporte limpio y sostenible: <https://cmsostenible.org/towards-a-clean-and-sustainable-transportation-future/>
- Centro Movilidad Sostenible. (04 de junio de 2024). *Centro Movilidad Sostenible*. Obtenido de La electrificación del transporte sigue en auge: IEA resalta rol de economías emergentes: <https://cmsostenible.org/la-electrificacion-del-transporte-sigue-en-auge-iea-resalta-rol-de-economias-emergentes/>
- Centro Zaragoza. (julio/setiembre de 2019). *Tipos de conectores en los vehículos eléctricos*. Obtenido de http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R81_A8.pdf
- CNFL. (s.f.). Registros históricos de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz.
- Comisión Electrotécnica Internacional . (2017). *Sistema conductivo de carga para vehículos eléctricos*. Obtenido de webstore.ie: <https://webstore.iec.ch/en/>
- Consultoria L.a. (03 de 2023). *Consultoria Energetica L.a*. Obtenido de <https://www.consultoriala.com/tipos-de-conectores/>
- Drive Electric Campaign. (abril de 2023). *Driving progress: accelerating a zero-emission road transportation future*. Obtenido de <https://www.driveelectriccampaign.org/wp-content/uploads/2023/04/DEC-Driving-Progress-Annual-Report-2022.pdf>

- Gobierno de Costa Rica. (s.f.). *MINAE*. Recuperado el 03 de Junio de 2024, de <https://cambioclimatico.minae.go.cr/wp-content/uploads/2019/11/PLAN-NACIONAL-DESCARBONIZACION.pdf>
- Gobierno de Costa Rica. (s.f.). *MINAE*. Recuperado el 03 de junio de 2024, de <https://energia.minae.go.cr/?p=5634>
- GRUPO BANCO MUNDIAL. (17 de noviembre de 2022). *GRUPO BANCO MUNDIAL*. Obtenido de Vehículos eléctricos: beneficios económicos y ambientales para los países en desarrollo: <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2022/11/17/electric-vehicles-an-economic-and-environmental-win-for-developing-countries>
- Hernández Chiva, E. (09 de 2016). *upcommons*. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/107088/Memoria%20PFC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Herrera, W. (23 de febrero de 2023). *La República*. Recuperado el 12 de julio de 2024, de <https://www.larepublica.net/noticia/costa-rica-ya-tiene-249-puntos-de-carga-para-autos-electricos-en-las-siete-provincias#:~:text=El%20sitio%20y%20app%20Electromaps,ubican%20en%20las%20siete%20provincias.&text=San%20Jos%C3%A9%20tiene%2068%2C%20en,puntos%2>
- Iberdrola. (s.f.). *Iberdrola*. Recuperado el 12 de julio de 2024
- IEEE. (1991). *ESPECIFICACIONES PARA TIERRA DE SISTEMAS DE ENERGIA COMERCIAL E INDUSTRIAL*.
- Inam Nutkani, H. T. (7 de febrero de 2024). *The Institution of Engineering and Technology*. Recuperado el 29 de agosto de 2024, de Impacto de la carga de vehículos eléctricos en la red de distribución eléctrica y soluciones de mitigación: una revisión: <https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1049/stg2.12156>
- International Energy Agency. (2023). *Global EV Outlook*. Obtenido de Tendencias en infraestructura de carga.
- International Energy Agency. (2023). *Tendencias en infraestructura de carga*. Obtenido de <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023/trends-in-charging-infrastructure>
- International Energy Agency. (2024). *Global EV Outlook*.
- LA ASAMBLEA LEGISLATIVA DE LA REPÚBLICA DE COSTA RICA. (06 de febrero de 2018). Incentivos y promoción para el transporte eléctrico. Costa Rica.
- Lighting Custom Made. (s.f.). *Lighting Custom Made*. Recuperado el 21 de Setiembre de 2024, de <https://www.luzycolor2000.com/noticias/iluminacion-gasolinera/#:~:text=La%20iluminaci%C3%B3n%20para%20estaciones%20de,para%20proporcionar%20un%20ambiente%20confortable>.
- MAZA ORTEGA, J. M., & GÓMEZ EXPÓSITO, A. (2019 de Primer de Trimestre). *SISTEMA DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS: REVISIÓN TECNOLÓGICA E IMPACTO EN EL*

- SISTEMA ELÉCTRICO*. Recuperado el 29 de agosto de 2024, de Ministerio de Industria y Turismo del Gobierno de España:
<https://www.mintur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RvistaEconomiaIndustrial/411/MAZA%20Y%20G%C3%93MEZ.pdf>
- Mazo Ortega, J. M., & Gómez Expoito, A. (2019). SISTEMA DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS: REVISIÓN TECNOLÓGICA E IMPACTO EN EL SISTEMA ELÉCTRICO. 35-44. Obtenido de
<https://www.mintur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RvistaEconomiaIndustrial/411/MAZA%20Y%20G%C3%93MEZ.pdf>
- MINAE. (21 de Setiembre de 2015). Supervisión de la calidad del suministro eléctrico en baja y media tensión (AR-NT-SUCAL). Costa Rica. Recuperado el 15 de setiembre de 2024
- MINAE. (29 de 08 de 2024). *Sistema Costarricense de informacion Jurica* . Obtenido de
http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=89191&nValor3=116987&strTipM=TC
- Ministerio de Ambiente y Energia. (s.f.). Obtenido de <https://energia.minae.go.cr/?p=5634>
- Pañero, E. (2019). Tipos de conectores en. *Mecánica y electrónica*.
- Putruele, M. (18 de setiembre de 2021). *Infobae*. Obtenido de
<https://www.infobae.com/america/medio-ambiente/2021/09/18/cuales-son-los-paises-de-america-latina-mas-avanzados-en-la-carrera-hacia-los-autos-electricos/>
- Soto Zuñiga, J. D. (06 de noviembre de 2023). *Impacto de los vehículos eléctricos en condominios residenciales*. Recuperado el 10 de agosto de 2024, de Revista Fidélitas:
https://revistas.ufidelitas.ac.cr/index.php/revista_fidelitas/article/view/69
- Soto-Zuñiga, J. D. (06 de noviembre de 2023). Impacto de los vehículos eléctricos en condominios residenciales. *Revista Fidélitas*, 4 (2). Recuperado el 29 de agosto de 2024, de
http://revistas.ufidelitas.ac.cr/index.php/revista_fidelitas
- UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA. (s.f.). *Biblioteca Virtual del Sistema de Universidad Virtual*. Recuperado el 27 de noviembre de 2024, de
<http://biblioteca.udgvirtual.udg.mx/porta/clasificacion-general-de-las-fuentes-de-informacion#:~:text=Fuentes%20primarias%3A%20contienen%20informaci%C3%B3n%20original,de%20una%20actividad%20eminente%20creativa.>

Anexos.

Anexo 1. Tablas.

OFERTA AUTOMÓVILES (mayo-2024)

Marca	Modelo	Estilo	Batería (kWh)	Potencia (kW)	Pot Max (kW)	Autonomía	Estándar
AION	S	SEDÁN	49,9	100		460	NEDC
AION	V PLUS	SUV	80	165		600	NEDC
AION	Y	SUV	76,8	135		600	NEDC
AUDI	E-TRON GT	SEDÁN	83,7	140	350	501	WLTP
AUDI	Q8 E-TRON	SUV	106	100	300	582	WLTP
AUDI	Q8 SPORTBACK E-TRON	SUV	106	100	300	582	WLTP
AUDI	RS E-TRON GT	SEDÁN	83,7	142	475	496	WLTP
AUDI	SQ8 E-TRON	SUV	106	140	370	582	WLTP
BMW	IX	SUV	76,6		240	390	WLTP
BMW	IX2	SUV	64,8		230	417	WLTP
BMW	IX3	SUV	74		210	460	NEDC
BMW	IX1	SUV	64,7		230	413	NEDC
BMW	I5	SEDÁN	81,2		184	497	WLTP
BMW	I4	SEDÁN	80,7		250	580	WLTP
BYD	S1 PRO	SUV	47	94	145	401	NEDC
BYD	SEAGULL	HATCH BACK	30,1		55	300	NEDC

OFERTA AUTOMÓVILES (mayo-2024)

Marca	Modelo	Estilo	Batería (kWh)	Potencia (kW)	Pot Max (kW)	Autonomía	Estándar
BYD	SEAL	SEDÁN	82,6		390	520	WLTP
BYD	SONG PLUS	SEDÁN	71,8		150	505	NEDC
BYD	TANG	SUV	108,8		380	530	WLTP
BYD	YUAN PLUS	SUV	49,9	150	208	410	NEDC
BYD	HAN	SUV	76,9	363	560	550	NEDC
CADILLAC	LYRIQ	SEDÁN	120		373	502	EPA
CHERY	ICAR 03	SUV	50,7		135	401	NEDC
CHERY	EQ 7	HATCH BACK	65,5		155	512	NEDC
DFM	FRIDAY	HATCH BACK	57,8		231	430	NEDC
DFM	M-HERO 917	JEEP	142,7		800	450	WLTP
DFM	NANO BOX	CROSS OVER	16	33		201	NEDC
DSK	SERES 3	HATCH BACK	5,6		120	329	WLTP
FAW	NAT E05	HATCH BACK	55		100	410	NEDC
FORD	MUSTANG MARCH-E	SUV	70	198		400	EPA
GEELY	GEOMETRY C	HATCH BACK	53		150	350	WLTP

OFERTA AUTOMÓVILES (mayo-2024)

Marca	Modelo	Estilo	Batería (kWh)	Potencia (kW)	Pot Max (kW)	Autonomía	Estándar
GEELY	GEOMETRY E	HATCH BACK	39,4	60		380	NEDC
HYCAN	A06 PLUS	SEDÁN	60		160	520	CLTC
HYUNDAI	IONIQ 5	SEDÁN	58,8	125		384	WLTP
HYUNDAI	KONA	SUV	48,6	99		370	WLTP
JAC	E-JS1	HATCH BACK	19,7	30	46	200	NEDC
JAC	E-JS4	SUV	51,9	110	169	385	NEDC
JAC	E30X	HATCH BACK	32		70	300	NEDC
JAC	E-J7	SEDÁN	50,1	142	218	401	NEDC
JAGUAR	I-PACE	SUV	90	294		470	WLTP
KAIYI	X3 PRO	SUV	53,6	120	184,8	401	WLTP
LEXUS	RZ 450E	SUV	68		230	470	WLTP
MG	MARVEL R	SUV	70	132		402	WLTP
MG	ZSEV	SUV	51		130	320	WLTP
MG	MG 4	SUV	51		125	350	WLTP
MAXUS	EUNIQ 6	SUV	70		163	450	WLTP
MERCEDES BENZ	EQA	SUV	66,5		140	458	WLTP

OFERTA AUTOMÓVILES (mayo-2024)

Marca	Modelo	Estilo	Batería (kWh)	Potencia (kW)	Pot Max (kW)	Autonomía	Estándar
MERCEDES BENZ	EQE	SUV	90,6		218	596	WLTP
MERCEDES BENZ	EQS	SEDÁN	108,4		390	783	WLTP
MERCEDES BENZ	EQB	SUV	66,5		215	419	WLTP
MINI	MINI 3	SEDÁN	32,6		137	215	NEDC
NETA	NETAU	HATCH BACK	70,4		120	501	NEDC
NETA	NETA V	HATCH BACK	31,7		70	401	NEDC
NISSAN	LEAF	SUV	40		110	240	WLTP
OMODA	E5	SUV	61		150	450	WLTP
PEUGEOT	E 2008	SUV	46		100	325	WLTP
PORSHE	TAYCAN	SEDÁN	93,4		360	504	WLTP
RENAULT	KWID	SUV	26,8		52	298	WLTP
TOYOTA	BZ4X	SUV	71,4		150	418	WLTP
VOLVO	C40	SUV	69		175	485	WLTP
VOLVO	XC40	SUV	69		175	474	WLTP
VOLVO	EX30	SUV	51		315	344	WLTP
XPENG	G3I	SUV	66		145	420	NEDC

OFERTA AUTOMÓVILES (mayo-2024)

Marca	Modelo	Estilo	Batería (kWh)	Potencia (kW)	Pot Max (kW)	Autonomía	Estándar
XPENG	G9	SUV	98		405	520	NEDC
XPENG	P7	SEDÁN	86,2		348	505	WLTP

Tabla 34-Registro de Automóviles (Ministerio de Ambiente y Energía, 2024)

VEHÍCULOS TIPO CARGA LIVIANA (mayo 2024)

BYD	T3	PANEL	44,9		150	300	NEDC
DFN	RICH 6 EV	PICKUP	67,9		420	350	NEDC
FOTON	TUNLAN IBLUE G7	PICKUP	88,6		330	536	NEDC
GEELY	RADARGT+	PICKUP	63		384	400	CLTC
MAXUS	T 90 EV	PICKUP	88		310	471	WLTP

Tabla 35-Vehículos tipo carga liviana (Ministerio de Ambiente y Energía, 2024)

ACUMULADO DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS					
TIPO	Automó,	Motos	Especial	Trabajo	TOTAL
<=2010	72	34	113	14	233
2011	85	39	165	15	304
2012	96	56	245	15	412
2013	103	89	290	40	522
2014	115	144	376	43	678
2015	119	170	463	43	795
2016	130	195	648	43	1,016
2017	156	278	763	43	1,240
2018	349	356	910	46	1,661
2019	806	476	1063	48	2,393
2020	1417	659	1162	62	3,300
2021	2443	846	1263	81	4,633
2022	4007	1069	1326	124	6,526
2023	8889	1242	1712	375	12,218
Sep-24	16066	1340	1874	740	20,020

Tabla 36-Acumulado de vehículos eléctricos en Costa Rica, 2024 (MINAE).

Marca	Modelo	Conector	Estilo	Batería (kWh)	Potencia Carga (KW)	Tiempo en Minutos	Rango de carga(%)
TESLA	3	TESLA	SEDAN	58	100,0	25	10-80
HYCAN	A06 PLUS	GBT	SEDÁN	60	51,5	35	30-80
JEEP	Avenger	CSS	SUV	51	85,0	26	10-80
TOYOTA	BZ4X	CSS	SUV	71	107,1	28	10-80
VOLVO	C40	CSS	SUV	69	85,2	34	10-80
MAZDA	CX 30	CSS	SUV	36	36,0	25	20-80
FOTON	DAJIANGJUN EV	GBT	PICKUP	89	80,0	50	0-80
PEUGEOT	E 2008	CSS	SUV	50	80,8	26	10-80
JAC	E30X	GBT	HATCHBACK	32	32,0	30	30-80
OMODA	E5	CSS	SUV	61	65,4	28	30-80
VOLKSWAGEN	E-GOLF	CSS	SEDAN	36	33,4	45	10-80
JAC	E-J7	GBT	SEDÁN	50	31,3	48	30-80
JAC	E-JS1	GBT	HATCHBACK	31	22,4	42	30-80

JAC	E-JS4	GBT	SUV	55	36,7	45	30-80
HONDA	ENY1	GBT	SUV	69	78,0	27	10-80
CHERY	EQ 7	GBT	HATCHBACK	66	65,5	30	30-80
MERCEDES BENZ	EQA	CSS	SUV	70	100,9	29	10-80
MERCEDES BENZ	EQB	CSS	SUV	70	100,9	29	10-80
MERCEDES BENZ	EQE	CSS	SUV	100	150,0	28	10-80
MERCEDES BENZ	EQS	CSS	SEDÁN	125	159,1	33	10-80
AUDI	E-TRON GT	CSS	SEDÁN	105	245,0	18	10-80
MAXUS	EUNIQ 6	CSS	SUV	70	60,0	35	30-80
VOLVO	EX30	CSS	SUV	69	115,9	25	10-80
DFM	FRIDAY	GBT	HATCHBACK	86	83,6	37	20-80
XPENG	G3I	CSS	SUV	66	56,6	35	30-80
XPENG	G9	CSS	SUV	78	164,2	20	10-80
GEELY	GEOMETRY C	CSS	HATCHBACK	70	60,0	42	20-80
GEELY	GEOMETRY E	GBT	HATCHBACK	39	39,4	30	30-80
BYD	HAN	GBT	SUV	88	84,0	44	10-80
BMW	I4	CSS	SEDÁN	84	130,5	27	10-80
BMW	I5	CSS	SEDÁN	84	136,3	26	10-80
CHERY	ICAR 03	GBT	SUV	61	85,1	30	10-80
VOLKSWAGEN	ID4	GBT	SUV	82	170,0	29	10-80
HYUNDAI	IONIQ 5	CHADEMO	SEDÁN	77	180,6	18	10-80
JAGUAR	I-PACE	CSS	SUV	90	85,9	44	10-80
BMW	IX	CSS	SUV	71	96,2	31	10-80
BMW	IX1	CSS	SUV	67	93,1	30	10-80
BMW	IX2	CSS	SUV	64	92,7	29	10-80
BMW	IX3	CSS	SUV	80	108,4	31	10-80
HYUNDAI	KONA	CSS	SUV	48	49,6	41	10-80
RENAULT	KWID	CSS	SUV	27	26,1	40	15-80
NISSAN	LEAF	CHADEMO	SUV	40	39,1	43	10-80
CADILLAC	LYRIQ	CSS	SEDÁN	107	96,3	40	20-80
MG	MARVEL R	CSS	SUV	75	82,9	38	10-80
MG	MG 4	CSS	SUV	51	64,9	33	10-80
DFM	M-HERO 917	GBT	JEEP	143	91,1	47	30-80
MINI COOPER	MINI 3	CSS	SEDÁN	33	47,2	29	10-80
HONDA	MNV	GBT	SUV	61	60,0	43	30-80
FORD	MUSTANG MACH-E	CSS	SUV	72	94,5	32	10-80
DFM	NANO BOX	GBT	CROSSOVER	16	31,9	30	0-100
FAW	NAT E05	GBT	HATCHBACK	55	88,0	30	0-80
NETA	NETA V	GBT	HATCHBACK	41	40,7	30	30-80

NETA	NETAU	GBT	HATCHBACK	58	58,0	30	30-80
XPENG	P7	CSS	SEDÁN	86	139,2	26	10-80
AUDI	Q8 E-TRON	CSS	SUV	114	145,1	33	10-80
AUDI	Q8 SPORTBACK E-TRON	CSS	SUV	114	145,1	33	10-80
RIDDARA	RD6 GT+	GBT	PICKUP	63	59,1	32	30-80
DFM	RICH 6 EV	GBT	PICKUP	68	72,4	45	0-80
AUDI	RS E-TRON GT	CSS	SEDÁN	94	187,6	23	5-80
LEXUS	RZ 450E	CHADEMO	SUV	71	107,1	28	10-80
AION	S	GBT	SEDÁN	55	58,9	45	0-80
TESLA	S	TESLA	SEDAN	85	90,0	30	0-50
BYD	S1 PRO	GBT	SUV	50	50,1	30	30-80
BYD	SEAGULL	GBT	HATCHBACK	30	30,1	30	30-80
BYD	SEAL	GBT	SEDÁN	83	93,6	37	10-80
DSK	SERES 3	GBT	HATCHBACK	53	63,1	30	20-80
BYD	SONG PLUS	GBT	SEDÁN	72	71,7	30	30-80
KIA	SOUL		SEDAN	120	152,7	33	10-80
AUDI	SQ8 E-TRON	CSS	SUV	114	145,1	33	10-80
MAXUS	T 90 EV	CSS	PICKUP	89	70,8	45	20-80
BYD	T3	GBT	PANEL	50	31,0	78	0-100
BYD	TANG	GBT	SUV	86	86,4	30	30-80
PORSCHE	TAYCAN	CSS	SEDÁN	89	196,7	19	10-80
AION	V PLUS	GBT	SUV	80	80,0	30	30-80
SHINERAY	X 30 L	CSS	PANEL	42	39,1	45	0-80
KAIYI	X3 PRO	GBT	SUV	54	53,6	30	30-80
VOLVO	XC40	CSS	SUV	69	111,5	26	10-80
AION	Y	GBT	SUV	63	59,0	45	10-80
TESLA	Y	TESLA	SEDAN	58	100,0	25	10-80
BYD	YUAN PLUS	GBT	SUV	60	60,5	30	30-80
MG	ZSEV	CSS	SUV	51	49,9	43	10-80

Tabla 37-Potencias de Carga (Fichas técnicas de Vehículos)

Anexo 2. Ficha técnica de luminarias


Energy-Efficient Illumination

Energy Savings and Environmental Stewardship
The simplest and most effective way to reduce a lighting fixture's impact on the environment is to minimize its energy consumption. The LRC LED Recessed Canopy Luminaire provides energy savings from 30% to 70% compared to standard HID solutions.

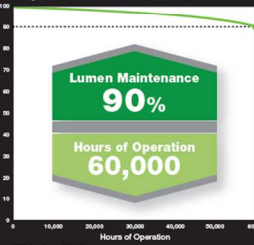
Long Life
With a 60,000+ hour rated life (at 90% lumen maintenance), the LRC LED Recessed Canopy Luminaire operates without maintenance six times longer than traditional metal halide solutions.

Low Maintenance
The LED tray is easily removed in the field for replacement or rotation of optics.

Superior Optical Control
The LRC LED Recessed Canopy Luminaire is available in three unique optical distributions designed to maximize light levels on task. Proprietary optical surfaces deliver an unobstructed view of the LED to the application target. Optimized surface profiles combined with highly reflective aluminum metallization ensure each distribution provides the highest level of optical control.



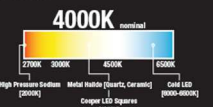
Projected Lumen Maintenance



Lumen Maintenance 90%
Hours of Operation 60,000

Warm White Color

Lighting designers, architects and specifying engineers have long preferred light sources that provide a balanced spectral power distribution and warm white light. Many LED solutions standardize on a solid blue 6000-6500K correlated color temperature (CCT) to maximize lumen output. The LRC LED Recessed Canopy Luminaire provides warm white light at a standard 4000K CCT with no sacrifice in lumen output.



4000K standard

NOTE: Compliant with IESNA M-11. Cooper Lighting Solutions LRC LED Recessed Canopy

Performance and Versatility

Optimal Configuration

The LRC LED Recessed Canopy Luminaire is designed around superior optical performance and scalability. With a choice of seven lumen packages and three optical distributions, the optimal configuration can be used to maximize light levels while minimizing operating costs.

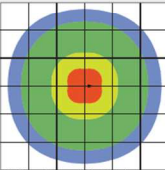
Power and Lumens by Number of LEDs

Number of LEDs	LED Drive Current	Input Wattage	Input Current (Amper)		Optics	MST	VAT	WST
			120V	277V				
16	700mA	37W	0.33	0.15	Lumens	3,099	2,167	3,026
	950mA	50W	0.41	0.19	BUG Rating	2-0-0	2-0-0	1-0-0
32	350mA	35W	0.30	0.14	Lumens	3,841	3,702	3,751
	450mA	46W	0.40	0.18	BUG Rating	2-0-1	2-0-0	2-0-0
64	350mA	69W	0.59	0.28	Lumens	3,448	3,323	3,367
	450mA	88W	0.77	0.36	BUG Rating	2-0-0	2-0-0	2-0-0
64	350mA	69W	0.59	0.28	Lumens	4,285	4,150	4,184
	450mA	88W	0.77	0.36	BUG Rating	3-0-1	3-0-0	3-0-0
64	350mA	69W	0.59	0.28	Lumens	4,048	4,020	4,096
	450mA	88W	0.77	0.36	BUG Rating	3-0-1	3-0-0	3-0-0
64	350mA	69W	0.59	0.28	Lumens	6,879	6,439	6,524
	450mA	88W	0.77	0.36	BUG Rating	3-0-1	3-0-0	3-0-0
64	350mA	69W	0.59	0.28	Lumens	8,212	8,019	8,125
	450mA	88W	0.77	0.36	BUG Rating	3-0-1	3-0-0	3-0-0

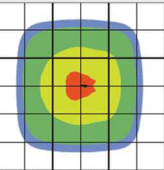
NOTE: Lumen values based on IESNA M-11.

Optical Distributions

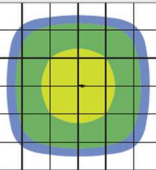
Choice of one asymmetric and two symmetric distributions.



Medium Symmetric (MS1)
For use at higher mounting heights, typically from 15'-20'.



Vertical Asymmetric (VAT)
Designed to increase light levels on a specific object, such as a fuel pump or signage.



Wide Symmetric (WS1)
For use at lower mounting heights, typically from 10' to 15'.

Cooper Lighting Solutions LRC LED Recessed Canopy

Universal Functionality



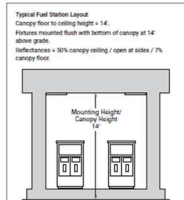
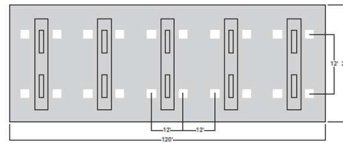
The LRC LED Recessed Canopy Luminaire can be used in a variety of commercial applications, including fuel stations, convenience stores, bank and pharmacy drive thru canopies. With a choice of seven lumen packages, the desired light levels can be tailored for the application to minimize operating costs. Optimized for mounting heights ranging from 10' to 20', three unique optical distributions are designed to maximize light levels on task.

Exterior Canopy Lighting

Canopy lighting in exterior applications require high levels of both horizontal and vertical footcandle levels while also maintaining outstanding uniformity levels. Exterior canopy lighting needs to not only address the security concerns of the area, but also needs to draw a potential customer to the site. The Illuminating and Engineering Society of North America (IESNA) recommends a range from 10 - 30 footcandle average horizontal light levels. Vertical light levels range from 5 - 20 footcandles required at the task plane.

Typical Fuel Station Canopy

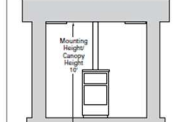
Fixture Spacing = 12' x 12' on center; mounted at 14' above grade.



Fuel Station Light Levels for Typical Layout

Plane	Average Horizontal Footcandle
Horizontal at Floor Level	30
Vertical at Task Plane (0-7' High)	20

Typical Bank Drive Thru Layout
Canopy floor to ceiling height = 10'.
Fixtures mounted flush with bottom of canopy at 10' above grade.
Illuminance = 30% canopy ceiling / open at sides / 7% canopy floor.

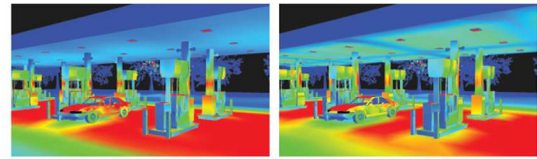


Bank Drive Thru Light Levels for Typical Layout

Plane	Average Horizontal Footcandle
Horizontal at 7' Above Floor Level	20
Vertical at Task Plane (0-9' High)	10

Performance and Savings

The LRC LED Recessed Canopy Luminaire utilizes highly reflective optics to meet the performance criteria and light levels typically required in canopy applications. Specialized optics deliver superior uniformity while significantly reducing the total cost of ownership. The LRC LED Recessed Canopy Luminaire's performance comes with years of low-cost, low-hassle ownership. With lumen maintenance and life expectancy far beyond traditional HID light sources, regular and time-consuming service visits are a thing of the past.



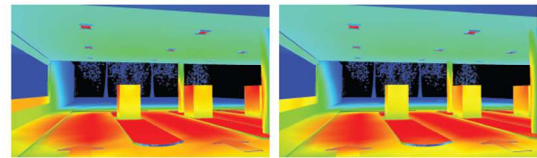
LRC Fixture: 64 LEDs, 450mA with VAT Optics – 1,760 Total Watts
(20 LRC luminaires with 12' x 12' spacing, 88W per fixture)

250W Pulse Start Metal Halide – 5,820 Total Watts
(20 Recess Mounted Canopy luminaires with 12' x 12' spacing, 291W per fixture)

Typical Fuel Station Canopy

Luminaire / Technology	Wattage	Horizontal Illuminance			Vertical Illuminance			Annual Energy Cost*
		Average Footcandle	Maximum / Minimum	Average Footcandle	Maximum / Minimum			
LRC 64-LED VAT	88	33.7	2.5	20.5	3.4	568		
250W Pulse	291	34.7	2.1	20.1	4.0	17,914		

NOTE: * Assumes 10 fixtures operating 12 hours per day at \$0.11/kWh.



LRC Fixture: 16 LEDs, 700mA with VAT Optics – 444 Total Watts
(12 LRC luminaires with 11' x 10' spacing, 37W per fixture)

150W Pulse Start Metal Halide – 2,220 Total Watts
(12 Recess Mounted Canopy luminaires with 11' x 10' spacing, 185W per fixture)

Typical Bank Drive Thru Canopy

Luminaire / Technology	Wattage	Horizontal Illuminance			Vertical Illuminance			Annual Energy Cost*
		Average Footcandle	Maximum / Minimum	Average Footcandle	Maximum / Minimum			
LRC 16-LED VAT	37	20.3	2.9	12.4	2.2	514		
150W Pulse	185	21.1	5.2	11.4	1.8	11,710		

NOTE: * Assumes 10 fixtures operating 12 hours per day at \$0.11/kWh.

Anexo 3. Cotización N°21SP1992-01 de SAAE ENERGY



SAAE ENERGY S.A.

Cédula Jurídica: 3-101-6669599
Teléfonos: 4702-1643 / 8872-0044 email: info@saaenergy.com

SOLUCIONES DE AVANZADA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA ENERGÍA

COTIZACIÓN N° 21SP1992-01

Cliente:	<u>Danny Alejandro Jiménez Jiménez</u>	Fecha:	<u>23/10/2024</u>
Atención:	<u>Dany Alejandro Jiménez Jiménez</u> <u>dannyj2m93@gmail.com</u>	Teléfono:	_____
		Fax:	_____
		Lugar:	<u>San José, Costa Rica</u>

Ítem	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Sub Total US \$
1	1	Cargador de vehículo eléctrico QCA150-150H-CG-D-I	\$74,500.00	\$ 74,500.0
		Cargador de 180 kW @ 55° C.		
		Compuesto por 5 módulos (5 x 30 kW)		
		Carga simultánea de sesiones (versión alta corriente)		
		2 conectores DC: CCS1 y GB/T.		
		Alimentación de 480 Vac ±5%		
		Longitud del cable: 5 metros		
		Lector RFID.		
		Comunicación con protocolo OCPP 1.6 v		
		Pantalla de 7 pulgadas.		
		Certificación pruebas CCS1 y GBT correspondientes.		
		Incluye router 3G		
		Incluye capacitación técnica de 4 horas en mantenimiento, uso e instalación de los cargadores eléctricos.		
-	-	Más detalles en fichas técnica adjuntas		
			Subtotal	\$ 74,500.0
			Desc 0%	\$ 0.0
			I.V.A. 13%	\$ 9,685.0
			Total	\$ 84,185.0

Condiciones generales


1. Forma de Pago: 30 días al entregar a satisfacción.
2. Tiempo y lugar de Entrega: 40 semanas entrega total, o entregas parciales coordinadas.
3. Garantía del Equipo: 4 años contra defectos de manufactura.
4. Validez de la oferta: 30 días hábiles.

Preparada por:

Ing. José Tomás Ortega Arce

Cotización N°23SP1992-01

Anexo 4. Cotización N°102824SP-006 de ENERCOM

	ENERGIA Y COMUNICACIONES ENERCOM S.A. CEDULA JURIDICA: 3-101-138807 DIRECCION: SANTO DOMINGO, SANTA ROSA, BARRIO SAN MARTIN, CALLE LA RINCONADA 800 NOROESTE DE LA CHICHARRONERA DONDE DIEGO	TELEFONO: (506) 2250-7373 FAX: (506) 2260-3931				
	OFERTA ECONOMICA					
CLIENTE: CONZULTEK PROYECTO:	ATENCIÓN: FECHA: 28/10/2024 COTIZACION: 102824SP-006					
ESTIMADO SOCIO DE NEGOCIOS, SIRVASE REVISAR LOS PRECIOS OFERTADOS A CONTINUACIÓN:						
CANTIDAD	NUMERO DE PARTE	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	PRECIO EXTENDIDO	TIEMPO DE ENTREGA	INVENTARIO DISPONIBLE
1	PUR6AV04BU-G	CABLE UTP CAT6A RISER CMR 23AWG AZU	\$ 214,15	\$ 214,15	INMEDIATA	199
1	PZWMC18W	GABINETE PARED 18UR ABATIB C/PTA VI	\$ 880,80	\$ 880,80	INMEDIATA	15
1	CPP24WBLY	PATCH PANEL 24P MODUL 1UR C/6PLAC P	\$ 27,00	\$ 27,00	4-6 SEMANAS	0
24	CJ6X88TGBU	CONECTOR HEMBRA RJ45 CAT6A AZUL. PA	\$ 7,04	\$ 169,02	INMEDIATA	9707
6	UTP28X10BU	PATCH CORD CAT6A 10FT 28AWG CM/LSZH	\$ 13,14	\$ 78,86	INMEDIATA	104
1	WMPH2E	ORGANIZA CABLE HORIZ 2UR/19IN FRONT	\$ 61,53	\$ 61,53	INMEDIATA	22
1	FMD1	CAJA BANDEJA FO DESLIZABLE 1UR P/FA	\$ 198,44	\$ 198,44	INMEDIATA	16
1	FAP6WBUDLCZ	PANEL MODUL FO OS1/2 LC 6ACOP DUPL	\$ 69,75	\$ 69,75	3-5 SEMANAS	0
1	FSTK	KIT DE BANDEJAP/EMPALME DE FIBRA CO	\$ 39,52	\$ 39,52	INMEDIATA	17
12	F91BN1NNNSNM001	PIGTAIL FO OS1/2 LC 1MT 900UM BUFF.	\$ 8,80	\$ 105,58	INMEDIATA	274
1	U01S11V	UPS 1KVA SIN TARJETA RED	\$ 767,77	\$ 767,77	INMEDIATA	5
1	P12B19M	REGLETA PDU HORIZ 1UR 12SAL 20A 120	\$ 127,06	\$ 127,06	INMEDIATA	41
1	RGRB19U	BARRA TIERRA TGB 19IN 20H 12-24 X 1	\$ 93,43	\$ 93,43	INMEDIATA	13
4	FP6X88MTG	CONECTOR MODUL MACHO CAT6A TX6A NEG	\$ 12,11	\$ 48,42	INMEDIATA	442
			SUBTOTAL	\$ 2 881,34		
			13%	\$ 374,57		
			TOTAL	\$ 3 255,92		
OBSERVACIONES: * VIGENCIA DE LA OFERTA: 8 DIAS. * POR FAVOR VERIFICAR QUE SE ENCUENTREN TODOS LOS MATERIALES REQUERIDOS PARA EL PROYECTO. * SI REQUIERE ALGUN CAMBIO O TIENE ALGUNA CONSULTA, POR FAVOR COMUNICARSE CON: * TIEMPOS DE ENTREGA SUJETOS A VENTAS PREVIAS Y DISPONIBILIDAD DEL FABRICANTE. * PRECIOS SUJETOS A CAMBIOS POR PARTE DE LOS FABRICANTES.						
			OSCAR MATARRITA	CEL: (506) 8567-9380	asesoranduit@enercomcr.com	

Anexo 5. Cotización N°1266909 de IESA.



I E SOCIEDAD ANONIMA

Guachipelin
Tipo de identificación Jurídica: 3-101-023412

emilito - 28/10/2024 11:12:57a.m
Dirección: SAN JOSE SAN JOSE MERCED Escazu, Cruce de
Guachipelin 150 mts N, Frente a KIA
Teléfonos : 2257850022894343 fax : (506) 22894343
E-mail : tramite.electronico@iesacr.com
Web : http://www.iesacr.com/

Página : 1 de 2

v1.41

Proforma : No. 1266909

Fecha 28/10/2024 Forma de pago : CREDITO 60 días

Cliete : 116530 SISTEMAS DE COMPUTACION CONZULTEK DE CENTROAMERICA SOCIEDAD ANONIMA
Agente : MANFRED VALVERDE MORALES
Envío : SAN JOSE TIBAS, PARQUE CONDAL BODEGA 65-66-67-68
Observ.: [No se indica]

De acuerdo a su amable solicitud, nos es grato presentar a su consideración nuestra cotización como sigue :

#	Código	Descripción	Cantidad	Unitario	Subtotal
1	937XN45T3H	TRANSFORMADOR SECO 3F 480D - 208Y/120 ALUMINIO 45KVA EXN45T3H	1.00	4,115.77	4,115.77
2	9162618C	CAJA PARA MEDICION #2618C 60X39X24CM GRIS CNFL2618C	1.00	1,036.07	1,036.07
3	904400	GABINETE PARA INTERRUPTOR MARCO Q4/LA/LH NEMA 3R UL LA400R	1.00	1,036.45	1,036.45
4	904L36400	INTERRUPTOR CAJA MOLDEADA LA 400A 3P 600V 30KA@480V LAL36400	1.00	2,083.88	2,083.88
5	12435MX	CABLE CONDUMEX UD EPR AL CPTO SELL 1/0 AWG 35kV 100 1/3N G/14 AWG 1BL	300.00	13.23	3,967.50
6	121400	CABLE XHH/XHHW-2 AL SERIE 8000 CAL 400 MCM PHELPS DODGE	80.00	5.32	425.85
7	1212	CABLE XHH/XHHW-2 AL SERIE 8000 CAL 2 AWG PHELPS DODGE	15.00	1.04	15.66
8	1216	CABLE XHH/XHHW-2 AL SERIE 8000 CAL 6 AWG PHELPS DODGE	15.00	0.63	9.43
9	1216	CABLE XHH/XHHW-2 AL SERIE 8000 CAL 6 AWG PHELPS DODGE	10.00	0.63	6.29
10	121250	CABLE XHH/XHHW-2 AL SERIE 8000 CAL 250 MCM PHELPS DODGE	90.00	3.59	323.19
11	1213000	CABLE XHH/XHHW-2 AL SERIE 8000 CAL 3/0 AWG PHELPS DODGE	30.00	2.41	72.25
12	1216	CABLE XHH/XHHW-2 AL SERIE 8000 CAL 6 AWG PHELPS DODGE	30.00	0.63	18.86
13	801105	CAJA EMT RECTANGULAR C/KO 1/2" UL 58361-1/2"	8.00	0.54	4.34
14	70212	CONECTOR EMT PRESION DE 1/2" 12MM UL	32.00	0.27	8.79
15	7011012R	TUBO EMT DE 1/2" U.L. RYMCO	5.00	4.61	23.04
16	70612	CURVA EMT DE 1/2" UL	8.00	0.61	4.90
17	E071107	TOMA DOBLE DECOR RESIDENCIAL 2P 3H 15A 125V NEMA 5-15R BLANCO 1107W	4.00	1.71	6.85
18	E072151WS	PLACA PLASTICA PRESION DECOR 1 GANG BLANCA 2151STW	4.00	1.95	7.78
19	7011012R	TUBO EMT DE 1/2" U.L. RYMCO	15.00	4.61	69.12
20	8019	CAJA EMT OCTOGONAL C/KO 1/2"- 3/4" U.L. 54151-1/2-3/4	13.00	0.53	6.95
21	402115	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO CH DE ENCHUFAR 15A 1P 120V UL CHF115	1.00	9.40	9.40
22	10612KNEMX	CABLE THHN CAL 12AWG NEGRO CARRETE CONDUMEX	50.00	0.52	26.23
23	10612KVE	CABLE THHN CAL 12AWG VERDE CARRETE PHELPS DODGE	80.00	0.61	48.93
24	10612KBLMX	CABLE THHN CAL 12AWG BLANCO CARRETE CONDUMEX	75.00	0.52	39.34
25	10612KROMX	CABLE THHN CAL 12AWG ROJO CARRETE CONDUMEX	52.00	0.52	27.27

CUENTAS BANCARIAS IESA

	MONEDA	CUENTA	CUENTA IBAN	CUENTA SINPE
	Colones	91-4-22-14288-0	CR60010409142214288010	10409142214288010
	Dólares	91-4-22-14289-8	CR40010409142214289825	10409142214289825
	Colones	001-0140595-0	CR64015201001014059502	15201001014059502
	Dólares	001-0239383-2	CR88015201001023938326	15201001023938326
	Colones	901627794	CR83010200009016277941	10200009016277941
	Dólares	901627844	CR44010200009016278449	10200009016278449



I E SOCIEDAD ANONIMA

Guachipelin

Tipo de identificación Jurídica: 3-101-023412

emitted: 28/10/2024 11:12:57a.m
 Dirección: SAN JOSE SAN JOSE MERCED Escazu, Cruce de
 Guachipelin 150 mts N, Frente a KIA
 Teléfonos : 2257850022894343 fax : (506) 22894343
 E-mail : tramite.electronico@iesacr.com
 Web : http://www.iesacr.com/

Página : 2 de 2

v1.41

Proforma : No. 1266909

Fecha 28/10/2024 Forma de pago : CREDITO 60 días

Cliete : 116530 SISTEMAS DE COMPUTACION CONZULTEK DE CENTROAMERICA SOCIEDAD ANONIMA
 Agente : MANFRED VALVERDE MORALES
 Envío : SAN JOSE TIBAS, PARQUE CONDAL BODEGA 65-66-67-68
 Observ.: [No se indica]

De acuerdo a su amable solicitud, nos es grato presentar a su consideración nuestra cotización como sigue :

#	Código	Descripción	Cantidad	Unitario	Subtotal
26	ITMLC2100	FOTOCELDA INCANDESCENTE 1000W 120/277V 110J AZUL LC2100 INTERMATIC	1.00	7.63	7.63

Debido a las constantes variaciones en los precios de los fabricantes, los precios aquí cotizados tienen una vigencia máxima de 1 días

Dólares

Tot Serv. Gravado \$: 0.00
 Tot Serv. Exento \$: 0.00
 Tot Merc. Gravada \$: 13,401.74
 Tot Merc. Exenta \$: 0.00
 Subtotal \$: 13,401.74

** QUINCE MIL CIENTO CUARENTA Y TRES CON 97 CTS. **

**** Gracias por preferirnos (26 producto(s)) ****

**** El cliente debe de revisar la oferta y verificar que cumple con lo solicitado, cantidades sujetas a venta previa ****

I.V.A. \$: 1,742.23
 Total \$: 15,143.97

CRONUS erp - Ver: 6.5.48

CUENTAS BANCARIAS IESA				
	MONEDA	CUENTA	CUENTA IBAN	CUENTA SINPE
	Colones	91-4-22-14288-0	CR60010409142214288010	10409142214288010
	Dólares	91-4-22-14289-8	CR40010409142214289825	10409142214289825
	Colones	001-0140595-0	CR64015201001014059502	15201001014059502
	Dólares	001-0239383-2	CR88015201001023938326	15201001023938326
	Colones	901627794	CR83010200009016277941	10200009016277941
	Dólares	901627844	CR44010200009016278449	10200009016278449

Anexo 6. Cotización de Transformadores RYMEL



PARA: ELECTRIK CONSULTANTS
ATENCIÓN: INGENIERO DE PROYECTOS
FECHA: 03/07/2024
ASUNTO: COTIZACION
FAX: 2279-9428

ARTICULO: Transformador tipo PEDESTAL de 500KVA Trifásico con voltaje primario a 34.5/19.920 secundario a 120/208. Incluimos 3 codos y 3 Pararrayos tipo Cooper para 34.5KV y cumplimos con todas las especificaciones de la norma ICE, CNFL y certificado ANSI por el CIDET y **UL**.

VALOR: **US \$ 31.500.00 I.V.I.** C/U. (pérdidas e impedancia Norma NEMA TP-1)
Opción en acero corriente, o sin UL, a un precio menor.

CONSTRUCCION: Gabinete y tanque en acero inoxidable INCLUIDO
MARCA: RYMEL
PROCEDENCIA: COLOMBIA
ENTREGA: 28 – 32 SEMANAS (Bodegas Rymel en Guachipelín),
NOTA: Transformadores totalmente nuevos
GARANTIA: 24 Meses en condiciones normales de funcionamiento
VALIDEZ: 15 DIAS
PERDIDAS: Núcleo 1.025W, Cobre 5.000W, Totales 6.025W y una impedancia máxima de 5.50%

NO INCLUIDO: Conexiones y accesorios para el secundario, sin costo suministramos 4 paletas de 6 agujeros atornillables.

DEVANADOS: ALUMINIO / ALUMINIO o Alternativa Cobre/Aluminio
ACEITE Mineral tipo II Libre de PCB
CONDICIONES: 50% Anticipo 50% Contra anuncio de entrega.

ATENAMENTE:

Transformadores Rymel
JUAN ESTEBAN MEJÍA
Teléfono: 2215-2244 , Fax:2215-2382
www.rymelcr.net
gerencia@rymelcr.net
prefaco@racsa.co.cr



Producciones JIJ S.A.
www.rymelcr.net
ventas@rymelcr.net - gerencia@rymelcr.net
T: 2215-2244 - Fax 2215-2383

Anexo 7. Especificaciones del transformador de 500KVA



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE TRANSFORMADOR PEDESTAL RYMEL DE 500 KVA

1. Potencia	KVA	500
2. Tipo		Pedestal Anillo Frente Muerto
3. Tensión primaria nominal	V	34500-19920
4. Tensión secundaria nominal	V	208-120
5. Regulación en alta tensión	%	+2, -2, x 2.5%
6. Frecuencia	Hz	60
7. Corriente primaria nominal	A	8.367
8. Corriente secundaria nominal	A	1387.86
9. Aumento de temperatura sobre el ambiente promedio de 30°C en:	°C	
a. Aceite superior		60
b. Promedio del cobre		65
10. Tensión serie primario / secundario	KV	35 / 1,2
11. BIL, onda 1.2/50 μ s primario / secundario}	KV	150 / 30
12. Pérdidas en el hierro (vacío) al 100% de Vn	W	1025
13. Pérdidas en el cobre (carga) a 85 °C	W	5000
14. Impedancia de cortocircuito a 85 °C	% Vn	5.0
15. Corriente de excitación al 100% de Vn	% An	1
16. Dimensiones totales aproximadas		
a. Ancho		1610
b. Largo	mm	1840
c. Alto		1510
17. Peso total	Kg	2100
18. Volumen de aceite	Lt	804
19. Norma de fabricación y pruebas		ANSI, NEMA TP1
20. Grupo de conexión		Yyn0
21. Accesorios:		
Dispositivo para alivio de sobrepresión		
Dispositivo para izar la unidad completa		
Buje tipo integral en A.T 200 A, 35 kV (6 unidades)		
Buje tipo codo en AT 200 A-35 KV (3 unidades)		
Pararrayos tipo codo 27 KV – 10 KA (3 unidades)		
Porta Bay-o-net para intercambio de fusible desde el exterior (3 unidades)		
Fusible tipo bayonet Dual sensing 15 Amperios (3 unidades)		
Fusible limitador de corriente inmerso en aceite 50 Amperios – 23 KV (3 unidades)		
Seccionador de 4 posiciones secuencial 35 KV - 200 A (1 unidad)		
Soportes para bujes de parqueo en A.T (6 unidades)		



Buje tipo paleta en BT (4 unidades)

Gabinete de A.T y B.T independientes

Nivel tipo visor de aceite en B.T

Puesta a tierra del neutro y del tanque

Llave de purga y reciclaje del liquido refrigerante

Cambiador de derivaciones para operar sin tensión

Placa de características en material inoxidable

Tanque en acero inoxidable

Aceite Mineral

Válvula de llenado de nitrógeno

Termómetro sin contactos

22. Certificados de calidad y experiencia como fabricantes:

Los transformadores Rymel son fabricados con núcleo encintado de acero al silicio de grano orientado de tipo acorazado y bobinas rectangulares en cobre electrolítico o Aluminio de alta pureza, diseñados para bajas pérdidas en el hierro y en los devanados. Los aislamientos sólidos están conformados por papel de rombo epóxico y fibras de alta rigidez dieléctrica. El aceite empleado en estos equipos es Mineral, libre de PCB'S y con requerimientos según las normas ASTM.

Los transformadores Rymel son diseñados según las ultimas versiones de las normas ANSI C57 y requerimientos especiales del cliente.

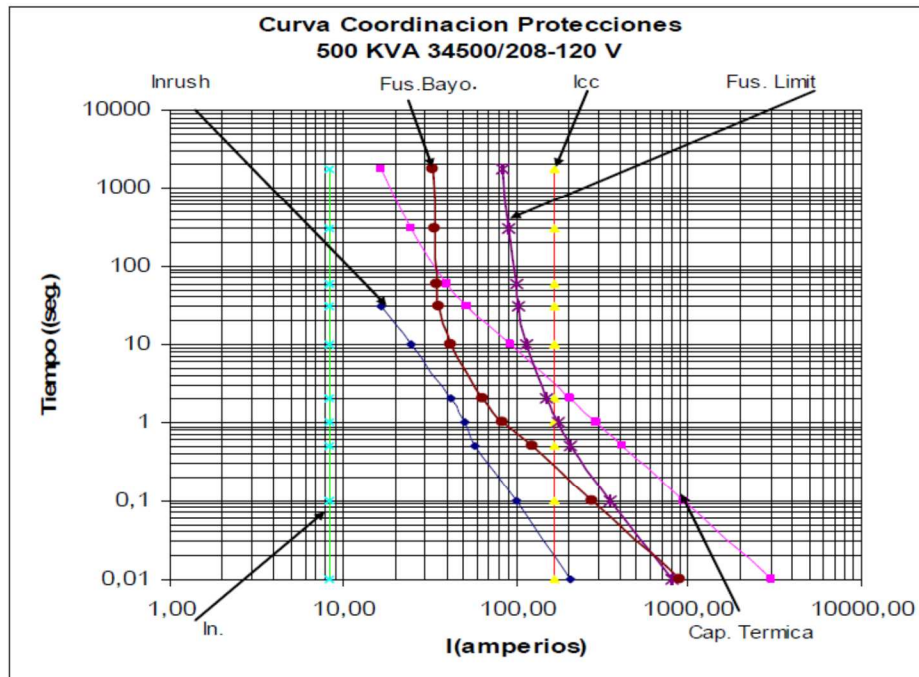
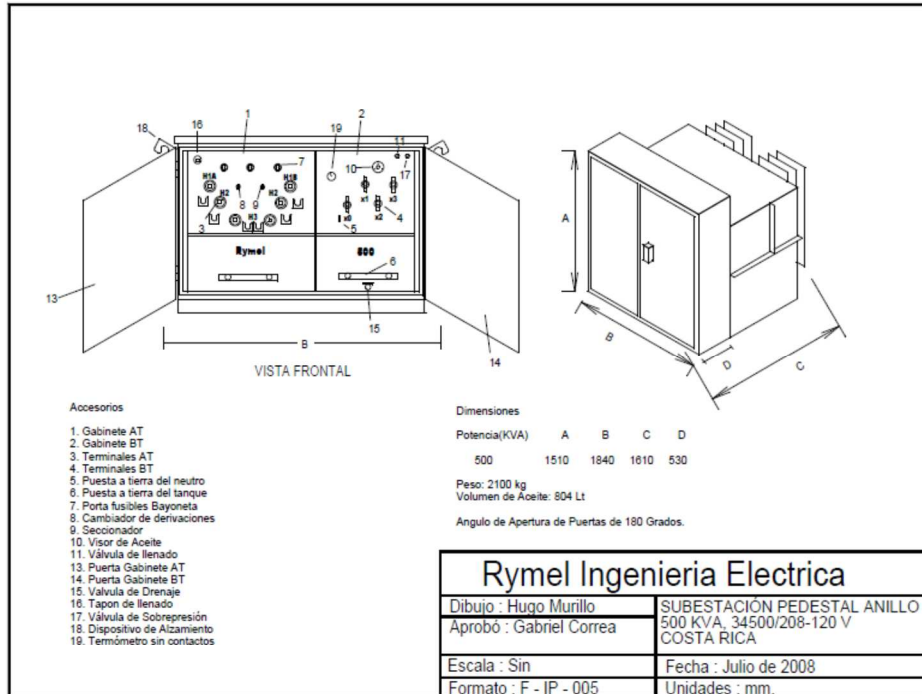
Además, Rymel cuenta con el certificado de Gestión de Calidad ISO 9001 versión 2000, los certificados de conformidad nacional de producto y más de 30 años de experiencia en la fabricación de transformadores.

Garantía: Todos los productos de Rymel Ltda, son fabricados contra defectos de diseño, materiales y mano de obra. Todas sus partes afectadas serán cambiadas sin cargo alguno.

La garantía permanece vigente durante un periodo de 24 meses a partir de la fecha de entrega exfabrica.

Además, en caso de cualquier accidente imputable al fabricante durante el periodo de garantía, nuestra obligación queda limitada al reemplazo de nuestros materiales involucrados, excluyendo cualquier compensación por daño y perjuicios, lucro cesante o transporte. Queda entendido que la obligación al cliente, por cualquier defecto, no puede sobrepasar el valor de la orden de compra y/o del contrato.

Ingeniería de Producto



Anexo 8. Certificado

CERTIFICATE OF COMPLIANCE

Certificate Number 20170912-E491099
Report Reference E491099-20170905
Issue Date 2017-SEPTEMBER-12

Issued to: RYMEL INGENIERIA ELECTRICA S A S
AUTOPISTA NORTE, PARAJE EL NORAL
COPACABANA, ANTIOQUIA
MEDELLIN COLOMBIA

This is to certify that representative samples of TRANSFORMERS, DISTRIBUTION, LIQUID-FILLED TYPE, OVER 600 VOLTS
See addendum page

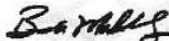
Have been investigated by UL in accordance with the Standard(s) indicated on this Certificate.

Standard(s) for Safety: IEEE C57.12.00 STANDARD GENERAL REQUIREMENTS FOR LIQUID-IMMERSED DISTRIBUTION, POWER, AND REGULATING TRANSFORMERS
IEEE C57.12.28 PAD-MOUNTED EQUIPMENT ENCLOSURE INTEGRITY
IEEE C57.12.90 TEST CODE FOR LIQUID-IMMERSED DISTRIBUTION, POWER AND REGULATING TRANSFORMERS
CSA C2.1-06, Single-phase and three-phase liquid-filled distribution transformers, reaffirmed 2011

Additional Information: See the UL Online Certifications Directory at www.ul.com/database for additional information

Only those products bearing the UL Certification Mark should be considered as being covered by UL's Certification and Follow-Up Service.

Look for the UL Certification Mark on the product.



Bruce Mahrenholz, Director North American Certification Program
UL LLC



Any information and documentation involving UL Mark services are provided on behalf of UL LLC (UL) or any authorized licensee of UL. For questions, please contact a local UL Customer Service Representative at <http://ul.com/aboutul/locations/>

CERTIFICATE OF COMPLIANCE

Certificate Number 20170912-E491099
Report Reference E491099-20170905
Issue Date 2017-SEPTEMBER-12

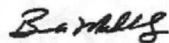
This is to certify that representative samples of the product as specified on this certificate were tested according to the current UL requirements.

Models:

UL - Transformers, Distribution, Liquid-Filled Type - Over 600 Volts, RYMEL Series.

C-UL - Transformers, Distribution, Liquid-Filled Type - Over 750 Volts, RYMEL Series.

Classified – RYMEL Series Distribution, Liquid-Filled Type - Over 600 Volts, employing EOVK less-flammable liquid.

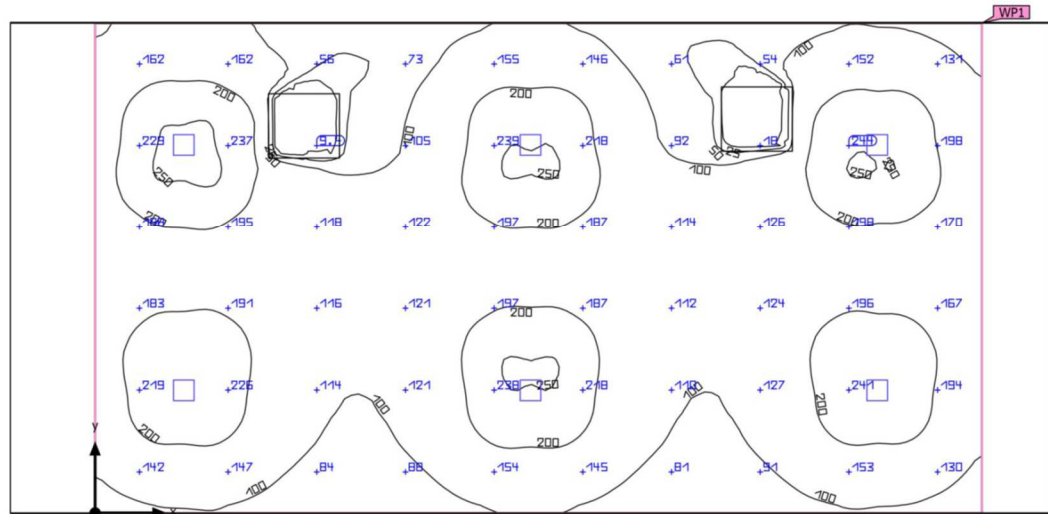


Bruce Mahrenholz, Director North American Certification Program
UL LLC

Any information and documentation involving UL Mark services are provided on behalf of UL LLC (UL) or any authorized licensee of UL. For questions, please contact a local UL Customer Service Representative at <http://ul.com/aboutul/location/>



Anexo 9. Fotometría DIALux



Summary

Results

	Symbol	Calculated	Target	Check	Index
Working plane	$E_{\text{perpendicular}}$	150 lx	≥ 50.0 lx	✓	WP1
	U_0 (gr)	0.000	≥ 0.40	✗	WP1
Energy estimation ⁽²⁾	Consumption	1934 kWh/a	max. 2700 kWh/a	✓	
Space	Lighting power density	2.90 W/m ²	-		
		1.94 W/m ² /100 lx	-		

(1) Based on a rectangular space of 11.743 m x 6.490 m and SHR of 0.25.

(2) Calculated using DIN:18599-4.

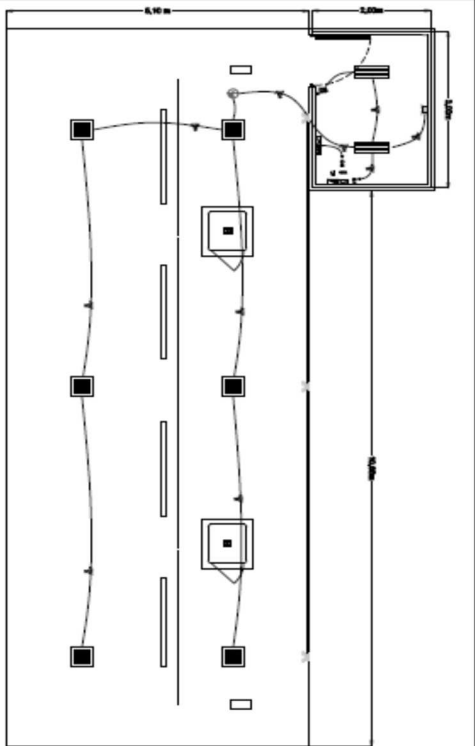
Utilisation profile: DIALux presetting (5.1.4 Standard (outdoor transportation area))

Luminaire list

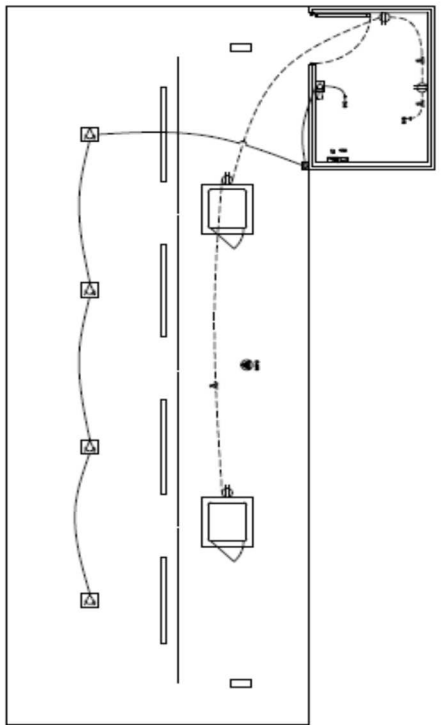
pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	R _{UG}	P	Φ	Luminous efficacy
6	Cooper Lighting	LRC-B16-7-LED-E1-MST	LRC CANOPY LUMINAIRE	22	36.8 W	3097 lm	84.2 lm/W

Anexo 10. Tabla 310.16 NFPA 70

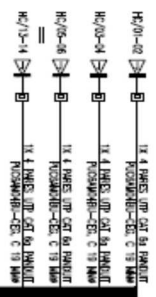
	Temperature Rating of Conductor (See Table 310.13.)						
	60°C – (140°F)	75°C – (167°F)	90°C – (194°F)	60°C – (140°F)	75°C – (167°F)	90°C – (194°F)	
	Types TW, UF	Types RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	Types TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	Types TW, UF	Types RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE	Types TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
Size AWG or kcmil	COPPER			ALUMINUM OR COPPER-CLAD ALUMINUM			Size AWG or kcmil
18	—	—	14	—	—	—	—
16	—	—	18	—	—	—	—
14*	20	20	25	—	—	—	—
12*	25	25	30	20	20	25	12*
10*	30	35	40	25	30	35	10*
8	40	50	55	30	40	45	8
6	55	65	75	40	50	60	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	110	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	150	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	190	230	255	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400
500	320	380	430	260	310	350	500
600	355	420	475	285	340	385	600
700	385	460	520	310	375	420	700
750	400	475	535	320	385	435	750
800	410	490	555	330	395	450	800
900	435	520	585	355	425	480	900
1000	455	545	615	375	445	500	1000
1250	495	590	665	405	485	545	1250
1500	520	625	705	435	520	585	1500
1750	545	650	735	455	545	615	1750
2000	560	665	750	470	560	630	2000



PLANTA DE ILUMINACION Y TELECOMUNICACIONES
SIN ESCALA

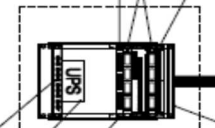


PLANTA DE TOMACORRIENTES Y SISTEMA DETECCION
SIN ESCALA



GRUPO DE 24 LAMPARAS DE BAJA TENSION, 24V, CON FUSIBLE Y LINEA SIMPLA AL INTERRUPTOR 15A DE FUSIBLE

PARA EL CONSUMO DE 24 FUSIBLES, CABLEAR EL MANDO DE FUSIBLES DE FUSIBLES
GRUPO DE 24 LAMPARAS DE BAJA TENSION, 24V, CON FUSIBLE Y LINEA SIMPLA AL INTERRUPTOR 15A DE FUSIBLE



UPS 120 V, 750 VA, MANDO SIMPLI, 15 A, DE 24V A CARGAR EL BATERIA PARA CARGAR

PARA EL CONSUMO DE 24 FUSIBLES, CABLEAR EL MANDO DE FUSIBLES DE FUSIBLES
GRUPO DE 24 LAMPARAS DE BAJA TENSION, 24V, CON FUSIBLE Y LINEA SIMPLA AL INTERRUPTOR 15A DE FUSIBLE

DIAGRAMA DE TELECOMUNICACIONES
SIN ESCALA



UNIFILAR DE SISTEMA DETECCION
SIN ESCALA

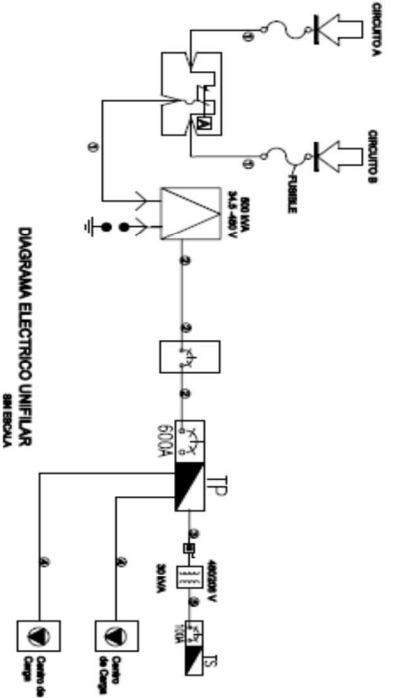
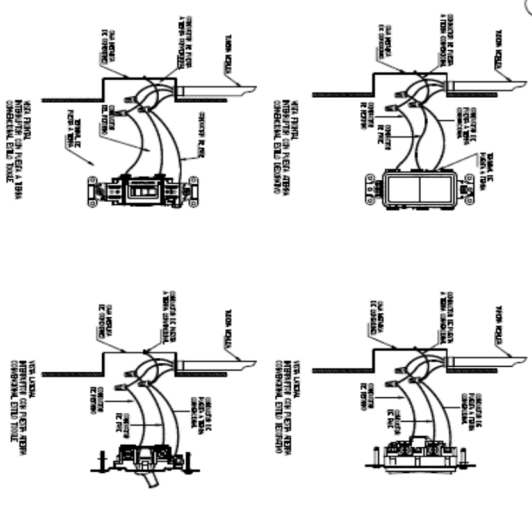
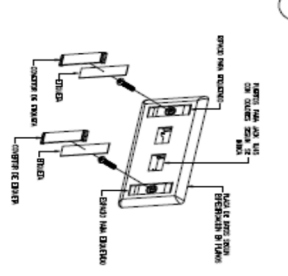
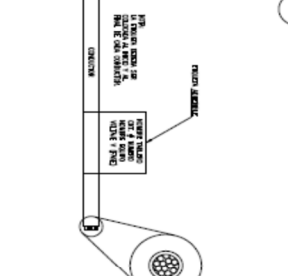
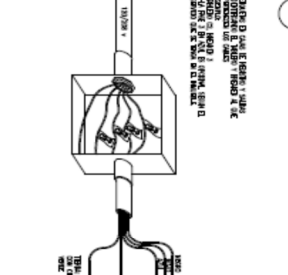
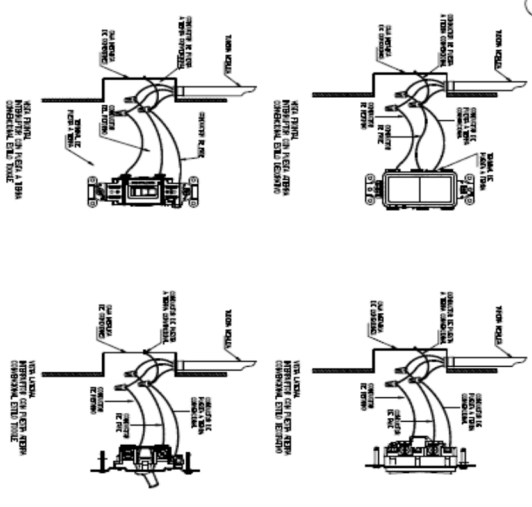
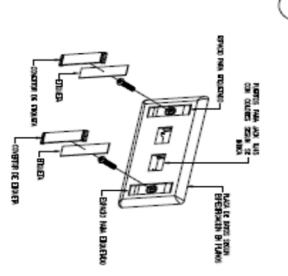
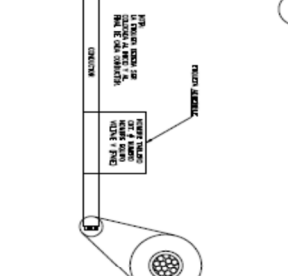
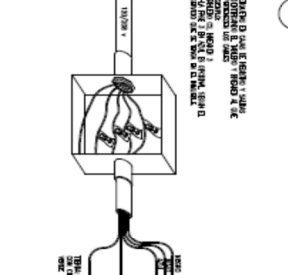
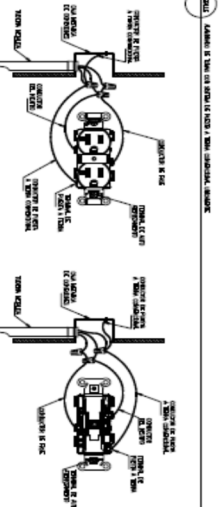
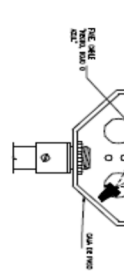


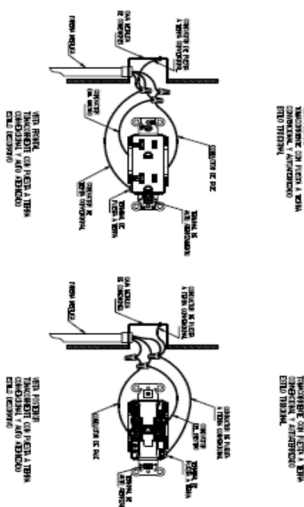
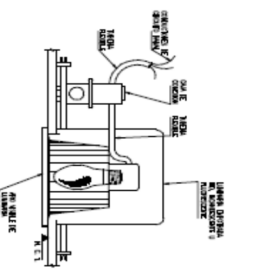
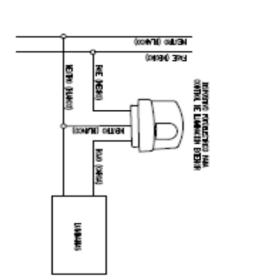
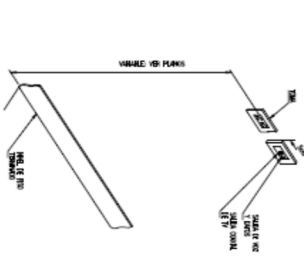


DIAGRAMA ELECTRICO UNIFILAR
SIN ESCALA

CONDICION:			
INDICADO			
ING. DANAY ALZAMIGO ANDIC			
ING. ANAOL SANCHEZ SOLANO			
ESCALA	TCOM	LUNA	
ITEROULA	2024	2 / 5	

<p>FIGURA 14. MONTAJE DE LOS PUNOS DE LA BARRA Y BARRA CONDUCTORA.</p> 	<p>FIGURA 15. DETALLE DE LA BARRA DE PUNOS Y BARRA CONDUCTORA.</p> 	<p>FIGURA 16. DETALLE DE LA BARRA DE PUNOS Y BARRA CONDUCTORA.</p> 	<p>FIGURA 17. DETALLE DE LA BARRA DE PUNOS Y BARRA CONDUCTORA.</p> 
<p>FIGURA 18. MONTAJE DE LA BARRA DE PUNOS Y BARRA CONDUCTORA.</p> 	<p>FIGURA 19. DETALLE DE LA BARRA DE PUNOS Y BARRA CONDUCTORA.</p> 	<p>FIGURA 20. DETALLE DE LA BARRA DE PUNOS Y BARRA CONDUCTORA.</p> 	<p>FIGURA 21. DETALLE DE LA BARRA DE PUNOS Y BARRA CONDUCTORA.</p> 
<p>FIGURA 22. MONTAJE DE LA BARRA DE PUNOS Y BARRA CONDUCTORA.</p> 	<p>FIGURA 23. DETALLE DE LA BARRA DE PUNOS Y BARRA CONDUCTORA.</p> 	<p>FIGURA 24. DETALLE DE LA BARRA DE PUNOS Y BARRA CONDUCTORA.</p> 	<p>FIGURA 25. DETALLE DE LA BARRA DE PUNOS Y BARRA CONDUCTORA.</p> 
<p>FIGURA 26. MONTAJE DE LA BARRA DE PUNOS Y BARRA CONDUCTORA.</p> 	<p>FIGURA 27. DETALLE DE LA BARRA DE PUNOS Y BARRA CONDUCTORA.</p> 	<p>FIGURA 28. DETALLE DE LA BARRA DE PUNOS Y BARRA CONDUCTORA.</p> 	<p>FIGURA 29. DETALLE DE LA BARRA DE PUNOS Y BARRA CONDUCTORA.</p> 

CONTRIBUCION INDICADO	
ING. DANIEL ALVARADO AMARIZ	
ING. MARCO SANCHEZ SOLANO	
ESCALA	RECIBI
INDICADA	2024
	4 / 5

Anexo 12. Fichas técnicas de centros de carga

150KW stand EV charger		
		
150KW stand EV charger with touch screen and RFID card tap place, suitable for public and private use.		
Specification	Items	SET750-150Y
AC Nominal Input	Phase/Lines	3 phase+neutral+PE
	Voltage	480V (range 300-520V)
	Max.input current	180A
	Frequency	50Hz / 60Hz
DC Nominal Output	Voltage	150-1000VDC
	Constant power	150KW
Electrical Parameter	Power Factor	≥0.99
	Unequal Current Ratio	≤ 5%
	Stable voltage accuracy	±0.5%
	Stable Current Accuracy	±1%
	Efficiency	≥95% (50%-100% load)
	Soft Start Time	3-8s
Structure Design	Auxiliary Power	12V
	Instalation Method	stand
	Charging Outlet	250A CCS1+GBT
	Cable Length	5 m (standard)
	Inside ower module	30kw*5
	Indicator	diode strip light
	LCD screen	10 inch Daylight readable touchscreen
	Emergency Stop Button	Yes
	Startup Mode	Plug-and-play/RFID card
	RFID	Yes
	Credit card machine	Yes
	meter	Yes
	Built-in UPS	Yes
Communication	EN-GATE v.s.Charger	CAN 2.0 (Chademo,GBT) PLC (CCS)
	EN-GATE v.s.Backend	Ethernet/WIFI/4G
	Communication Protocol	OCPP 1.6 (JSON)
Environmental Index	Operation Temperature	-20 ℃ ~ 65℃
	Working Humidity	5%-95% without condenstation
	Working Altitude	<2000m
	Protection Grade	IP54
	Application Site	Indoor/Outdoor
	Cooling Method	Fan cooling
Security Protection	Multiple Protection	Over/Under voltage protection,overload protection, short circuit proteciton,over/under temperature protection,Surge protection ,Communication failure
	MTBF	100,000 hours
Package Information	Production Dimension	L180*W101*H64cm
	Package Dimension	200*110*95cm*1,64*44*24cm*5,71*71*24cm*2
	Delivery weight	420kg
	External Packing	Wooden case and carton

Titan 180 V3 AN



Main Features

- 200-1000Vdc wide output voltage range.
- Flexible configuration, high efficiency & maximum 300A output.
- Cable management system (Optional).
- Connect to any backend based on OCPP 1.6J protocol.



Specifications (DC1800ENO42|DC1800AN116XY)

General Information	
Input Rating	480Vac±0%, 3 phases, 60Hz, U+L2+L3+PE+N (N is optional)
Input Current Rating	AC 250A (AC 210A for 150kW output and AC 170A for 120kW output)
Power Factor	≥0.99 @ Full Load
Efficiency	95%
Output Interface	CCSi+CCS1 (GBT)
Output Power	180kW max.
Output Voltage	200-1000Vdc
Output Current	300A max./CCSi connector, 250A max./GBT connector
User Interface	
Display	10.4-inch touch screen
Support Language	English (Other languages available upon request)
Button and Switch	Emergency Button
User Authentication	RFID card, App
RFID Reader	ISO/IEC 14443 A/B, ISO/IEC 18092, IEC/ISO 15693
Communication	
Network Interface	4G, Wi-Fi, Ethernet
Protocol (EVSE&Backend)	OCPP 1.6J
Protocol (EVSE&EV)	DIN 70121, ISO 15118, GB/T 27930-2015
Environmental	
Operating Temperature	-22°F to 131°F (Derating from 122°F)
Storage Temperature	-22°F to 158°F
Humidity	5% to 95% no condensation
Altitude	≤6561.28' above sea level
Mechanical	
NEMA enclosure	Type 3R IP 54
IK Rating	IK10 (Screen is IK08)
Cooling	Forced Air
Noise emission	≤65dBA @3.3' (full load)
Charging Cable Length	16.4' or 23' (optional)
Cable Management System	Optional / Trapezoidal Swing Arm version
Dimensions (WxHxD)	2.62'x6.73'x2.46' (excluding cable management)
Weight	Approx. 903.9 lb (excluding power modules)
Installation	Ground mounting
Certification and standards	
Standards and compliance	FCC part 15 Class A, UL 2202, UL 2231-1, UL 2231-2 EN 61851-23 IEC 61851-1 IEC 61851-21

blueberry**blueberry FUSION****blueberry PLUS****blueberry CLUSTER****ENTRADA**

Tensión Entrada [V ac]	340 a 530 +PE	340 a 530 +PE	340 a 530 +PE	340 a 530 +PE
Corriente de entrada nominal	76A @ 400V 64A @ 480V	N* 76A @ 400V N* 64A @ 480V	N* 76A @ 400V N* 64A @ 480V	N* 76A @ 400V N* 64A @ 480V
Potencia Entrada [kVA]	53	N*53	N*53	N*53
Frecuencia Entrada [Hz]	50/60	50/60	50/60	50/60
Máxima Eficiencia [%]	95	95	95	95
Factor Potencia	> 0.99	> 0.99	> 0.99	> 0.99
THDi [%]	< 4	< 4	< 4	< 4

SALIDA CCS

Rango Tensión [V dc]	desde 150 hasta 1000	desde 150 hasta 1000	desde 150 hasta 1000	desde 150 hasta 1000
Max. Corriente [A dc]	125	125, 250, 375	125, 250, 500	125, 250, 500
Max. Potencia [kW]	50	N*50	N*50	N*50

SALIDA CHAdeMO

Rango Tensión [V dc]	desde 150 hasta 1000	desde 150 hasta 1000	desde 150 hasta 1000	desde 150 hasta 1000
Max. Corriente [A dc]	125	125	125	125
Max. Potencia [kW]	50	50	50	50

SALIDA GB/T

Rango Tensión [V dc]	desde 150 hasta 1000	desde 150 hasta 1000	desde 150 hasta 1000	desde 150 hasta 1000
Max. Corriente [A dc]	125	125, 250	125, 250	125, 250
Max. Potencia [kW]	50	100	100	100

***N - número de módulos de potencia**

Todos los valores a 25 °C excepto donde se indica.
Las características opcionales, como los terminales de paño, pueden tener un IP y/o IK diferentes.
Valide con nosotros qué cargadores están disponibles en su País/Región.

Información no contractual. i-charging se reserva el derecho de modificar estas especificaciones.

Anexo 13 Cotización de Mano de Obra -ASTECSA



San José, 04 de noviembre de 2024

Ingeniero
Danny Jimenez Jimenez

Asunto: Oferta # 144 -24 V3
"SISTEMA DE MEDIA TENSION AEREO Y SUBTERRANEO, CONDOMINIO RESIDENCIAL SKY PARK".

Estimado ingeniero;

Por medio de la presente, sometemos a consideración el presupuesto para realizar el trabajo requerido por su representada, según lo indicado vía correo electrónico, la visita al sitio y el análisis de las láminas eléctricas. Cualquier variación indicada en un eventual estudio de Ingeniería que apruebe la empresa distribuidora del servicio eléctrico será considerado por aparte.

A. Alcances de la cotización: esta cotización incluye mano de obra por ejecución, materiales nuevos y de primera calidad aceptados por la empresa distribuidora del servicio eléctrico, herramientas, y demás equipos necesarios para cumplir a cabalidad con los siguientes puntos:

A.1 – Obra eléctrica aérea - subterránea primaria trifásica

- ☐ SUMINISTRO E INSTALACION DE 2 POSTES DE CONCRETO DE 13 MTS. CONVENCIONAL (POSTE EN CALLE A REUBICAR).
- ☐ SUMINISTRO E INSTALACION DE 1 POSTE DE CONCRETO DE 13 MTS. CONVENCIONAL (POSTE INTERNO PARA PUNTO DE ENTREGA).
- ☐ EXTENSION DE NUEVAS LINEAS AEREAS PARA REUBICACION DE RED TRIFASICA Y MONOFASICA.
- ☐ SUMINISTRO E INSTALACION DE TRANSICION AEREA – SUBTERRANEA TRIFASICA COMPLETA. (TERMINALES MUFA, CORTACIRCUITOS ROMPECARGA, FUSIBLES FE Y FL, Y PARARRAYOS DE LINEA.



- ☞ ACOMETIDA SUBTERRANEA TRIFASICA (120 MTS APROX), EN CABLE DE POTENCIA EPR 1/0 AWG, ALUMINIO, 35KV, SECCIONES:
 - ✓ POSTE DE TRANSICION – MEDICION PRIMARIA
 - ✓ MEDICION PRIMARIA - TRANSFORMADOR

- ☞ SUMINISTRO E INSTALACION DE 1 MEDICION PRIMARIA TRIFASICA TIPO PEDESTAL, 35 KV, 200 A,
1 ENTRADA, 1 SALIDA, CON 6 TERMINALES TIPO CODO CONECTOR ELASTIMOLD, CON TRANSFORMADORES DE CORRIENTE KOR-VOY, MEDIDOR CNFL, GABINETE PARA MEDIDOR Y DEMAS ACCESORIOS.

- ☞ INSTALACION DE 1 TRANSFORMADOR TIPO PEDESTAL DE LA CAPACIDAD 500 KVA

- ☞ SUMINISTRO E INSTALACION DE 3 MALLAS DE PUESTA A TIERRA PARA LOS EQUIPOS Y POSTE DE TRANSICION.

- ☞ SUMINISTRO E INSTALACION TERMINALES TIPO CODO 200 A, TIPO COOPER, PARA CONEXIÓN DE CABLE PRIMARIO A TRANSFORMADOR. (3)

- ☞ SUMINISTRO E INSTALACION DE 1 PANTALLA ACRILICA PARA FRENTA MUERTO DEL LADO SECUNDARIO DE TRANSFORMADOR.

- ☞ SUMINISTRO E INSTALACION DE INDICADORES DE FALLA (3).

- ☞ APLICACIÓN DE PRUEBAS HIPOT PARA CADA SECCION DE CABLE (2).

- ☞ SERVICIO DE GRUA PARA TRASLADO E INSTALACION DE LOS POSTES, MEDICION Y TRANSFORMADOR.

- ☞ TRAMITOLOGIA GENERAL CON CNFL PARA CONSTRUCCION, INSPECCION Y ENERGIZACION DE LA RED.

B. Desglose de los costos:

OFERTA ECONOMICA

DESCRIPCION	CANT.	UND.	PRECIO UNT.	TOTAL
ESTUDIO INGENIERIA	1	U	650 000,00	€650 000,00
TIRO FLOJO AEREO MEDIA TENSION	1	U	667 000,00	€667 000,00
POSTE DE CONCRETO	3	U	550 000,00	€1 650 000,00
TRANSICION AEREO-SUBTERRANEA	1	U	9 250 000,00	€9 250 000,00
OBRA CIVIL MEDIA TENSION	1	U	3 550 000,00	€3 550 000,00
TRANSFORMADOR DE PEDESTAL DE 500 KVA	1	U	13 635 000,00	€13 635 000,00
CABLE 1/0 EPR 34,5 KV	120	MTS	9 450,00	€1 134 000,00
PRUEBAS HI -POT	3	U	630 000,00	€1 890 000,00
SUB TOTAL SIN IMPUESTOS:				€32 426 000,00
TOTAL DESCUENTOS				€0,00
TOTAL DE IMPUESTOS 13%:				€4 215 380,00
TOTAL CON IMPUESTOS:				€36 641 380,00

C. Condiciones generales:

C.1. Tiempos de entrega:

Obra eléctrica: 12 días hábiles, posterior a la orden de inicio del inspector asignado, equipos en sitio y obra civil lista.

Medición primaria y componentes: inmediata a hoy. Sujeto a venta previa.

C.2 Forma de pago:

Será necesario un adelanto inicial con la firma de contrato o recibido de OC para formalización, un segundo avance para compra de materiales e importación de equipos, el porcentaje restante contra avance de obra y entrega final, montos y porcentajes a convenir entre las partes.

C.3 Vigencia de la oferta: 30 días naturales.

Anexo 14. Transcripción de las entrevistas a profesionales de empresas distribuidoras.

Entrevistas

ESPH (Ing. Jorge Chaves Vasquez y Ing. Marco Salazar Blanco) 11/09/24

- Los profesionales son del área de operación y llevan a cabo el tema de la movilidad.
- La infraestructura con la que cuenta es de tres instaladas actualmente, dos que se encuentran en proceso de adquisición y se planea comprar una más para el otro año.
- No existen convenios o alianzas con otras empresas.
- El impacto del ingreso de los vehículos eléctricos y de las energías asociadas con estos se visualiza en un mayor consumo, sin embargo, no existen mediciones al respecto.
- Las estaciones se encuentran sin cobro por lo que normalmente se encuentran con el servicio saturado.
- No han encontrado afectaciones que puedan vincularse con las cargas generadas por los cargadores de vehículos. No existe un cambio importante en la demanda de previo a la penetración de vehículos eléctricos, por lo tanto, no existen proyecciones hasta no ver el comportamiento.
- Se debe considerar la carga que supondría el consumo al circuito al que se conecte la electrolinera, incluso considerar un solo circuito si se quisieran poner 4 o 5 estaciones de carga. El otro punto importante para evaluar es cuál es la necesidad que el usuario de VE requiere. No es como una electrolinera, ya que no existen varios cargadores disponibles, si uno falla ya la electrolinera funcional al 50%. Otro punto es el espacio físico.
- La ley cuando fue promulgada busca que el usuario cargue en la casa, sin embargo, en la práctica el comportamiento es buscar estaciones de carga rápida para hacerlo de manera rápida.
- La potencia óptima para una EC es relativa. La 1era EC tiene tres tipos de conectores de 80kW. Las otras dos usan CSS1/CHADEMO de 120 kW. Pero es relativo a la capacidad de carga del carro que se conecte.
- La tarifa está a ¢137+iva el minuto a una potencia de 50 kW como mínimo. Habría que regular las estaciones. Si una estación es de 80 y un cliente está conectado a 50, el segundo cliente se le estaría incumpliendo porque el cargador solo podría entregarle 30 y se le cobrarían 50. Todo esto es hipotético porque actualmente no se está cobrando ninguna tarifa. Los carros que usan CSS1 y GBT lo máximo que utilizan son 70 kW (carros de alta gama), otras marcas rondan los 60 kW.
- Las estaciones de carga establecen convenios con lugares estratégicos.
- Un costo aproximado de una estación de carga ronda los 30 millones.
- Se recomienda tener los dos tipos de conectores más utilizados. En el espacio físico debe haber un espacio para que el cliente espere.

-Riesgos: que la electrolinera esté sola, siempre debe estar custodiada o con cámaras de seguridad y tener mecanismos de seguridad adicional eléctrica. También deben contar con extintores. Todo esto tiene que ver también con el manejo que le dé el usuario a la estación de carga.

-Diseños: La guía dice que se debe conectar a una tierra independiente. Se debe preguntar al fabricante.

-Probablemente sea más rentable para la empresa tener tres cargadores juntos que tenerlos separados porque comparten costos y disminuyen gastos de traslados y comunicación. Así como tener las mejoras de la red trifásica en solo punto y no en varios.

-Los costos de mantenimiento: mínimo una vez al mes preventivo.

- Ejemplo: para que funcione debe tener 9 horas de carga al día para salir “tablas” (por un centro de carga contemplando el pago de la energía a un costo de tarifa comercial) (Si no se contempla el pago de la energía se reduce a 6 horas, pero lo ideal es considerarlo). También existe el costo de beneficio social que involucra cosas como huella de carbono. No necesariamente debe ser rentable solo económicamente. Dato importante: En este momento los equipos son subsidiados con la tarifa de energía eléctrica residencial, toda la puesta en marcha ha sido subsidiada por la tarifa normal, el costo inversión inicial se reduce a lo que está ahorita, aunque en algún momento no lo van a permitir, pero todo comenzó con la tarifa. Lo que se cobra no cubre la demanda, eso está subsidiado porque es un beneficio país.

COOPEGUANACASTE (Ing. Fresia Quirós Y Ing. Jesús Camacho) 25/09/24

Fresia es la encargada de servicios técnicos: Sección de carga y proyectos de energías limpias, redes subterráneas, clientes estratégicos y ventas de servicios.

Jesús se encarga de RECURSOS DISTRIBUIDOS de las estaciones de carga L2 y L3, y de cumplir con lo establecido por ARESEP; así como de suplir, distribuir y dar mantenimiento a las estaciones de carga.

-COOPEGUANACASTE cuenta con 4 estaciones de carga de 90 kW instaladas al 100% y una quinta estación pronta a instalar con tres tipos de conectores: CSS1, CHAdeMO y GB/T. Además de 3 estaciones de carga media L2 SAE1. Las estaciones son propias de la cooperativa.

-No existen alianzas público-privadas de momento.

-De momento no han existido eventos de sobrecargas o calidad de la energía, dado que el tema de que las estaciones de carga con las que cuentan actualmente están separadas considerablemente.

-El hecho de tener un banco de transformadores exclusivo para los cargadores es una ayuda a la red de distribución.

-Entre los principales siniestros que se observan en las electrolineras se encuentran: colisiones con los equipos, dejan caer el conector del cargador (mal cuidado de los equipos por parte de los usuarios), la corrosión en algunos componentes de la estación de carga.

- Se considera que la red se encuentra apta para afrontar la instalación de una o varias electrolineras.
- El conector CHAdeMO ha disminuido mucho su participación en el mercado.
- Hay una tendencia en hoteles o centros comerciales de instalar estaciones de carga media.
- La carga rápida se utiliza más en las carreteras para los conductores que realicen viajes largos.
- Con los datos obtenidos actualmente se puede sacar una proyección de lo que sería la potencia demandada y la instalada actual.
- El usuario que hace viajes largos le es beneficioso que se inviertan en estas infraestructuras para que existan siempre puntos disponibles de carga y no tener que gastar más tiempo del necesario esperando que se desocupe un único punto de conexión que esté ocupado.
- Se debe analizar el comportamiento de las estaciones de carga para determinar si hay algún pico de consumo en el tiempo y evaluar la necesidad de poner un parqueo de cargadores.
- Cada estación de carga rápida se encuentra en el orden de los \$60.000.
- La potencia adecuada para las estaciones de carga rápida se encuentra en el margen de 90 kw, por lo menos ha resultado conveniente para Guanacaste, al considerar la capacidad de carga que tiene la batería de los vehículos.
- Las estaciones de carga ya traen sistemas de puesta a tierra y sistemas contra sobretensiones.
- Las estaciones cuentan con sistemas de cámaras de seguridad, topes y rótulos.
- Las incidencias por vandalismos han sido atípicas.
- Que la estación de carga se encuentre en lugar custodiado es importante para el cuidado del equipo.
- Se debe conocer qué tipo de conector hay a bordo y dividirlo entre gama baja, media o alta.

ICE (Ing. Victor Robles) 04/11/24

- Experiencia: 10 años para Schneider Electric, 2 años en Blink Charging con participación en el desarrollo de Blink Comercial, Grupo Legrand y Eagle Centroamérica. Actualmente, segmentación de red de respaldo en carga media.
- Al desarrollar zonas seguras, permite a los usuarios tener acceso a cargadores de carga rápida que permita desplazamiento, lo que fortalecerá el uso final.
- El ICE cuenta con una infraestructura de 38 cargadores de carga rápida, de estos 8 cargadores tienen CSS1 y CHAdeMO y 22 cargadores con CSS1 y GB/T.
- La ley 41642 del MINAE les definió 24 sitios, dentro de los cuales tienen 27 cargadores y se colocaron 11 cargadores más para cubrir diferentes zonas.
- Tienen un convenio con Cooperativa Alfaro Ruiz con un cargador que está operando en Zarcero.

- Actualmente se trabaja en la adquisición de 30 cargadores más donde algunos serán para reemplazo tecnológico y otros para ampliación de los puntos de carga.
- También se invierte en cargadores semirrápidas en zonas de alto tránsito para descongestionar la red. Aún no se ha definido una tarifa para este tipo de carga.
- Los promedios andan en ¢7000 por hora a 21 kW. ¢2000 por en un rango de 7 kW.
- Se debe buscar un socio comercial y justificar el cobro como parqueo, ya que un ente privado no puede vender electricidad.
- No se han atendido incidencias hasta el día de hoy. Pero conforme a la proyección de crecimiento que se tenga sí hay que prepararse.
- Para agosto 2024, llevamos 15114 unidades de automóviles livianos eléctricos y de 19000 unidades lo que incluye motos y otro tipo de vehículos, si se considera que cada vehículo lleva un cargador fijo.
- La gran mayoría de conectores son GB/T. Los cargadores a bordo están en un promedio de 6.6 kw x 5 horas x cada carga una vez a la semana.
- De momento la infraestructura eléctrica lo ha soportado.
- Hay condominios verticales que fueron construidos eléctricamente sin tomar en cuenta el tema de la modalidad eléctrica, por lo que se debe implementar máximo 2 cargadores y utilizar sesiones compartidas. El cobro no debe ser compartido con áreas comunes.
- Hay otros condominios que se construyen mientras se considera la demanda de carga eléctrica vehicular por apartamento.
- El medidor debe ser dedicado. El dinero no debe generar lucro a la administración.
- Sí se espera un impacto. La flota total es de 1.500.000 y apenas hay 15000 unidades eléctricas.
- Los siguientes porcentajes corresponden a intereses de cobro de la electricidad para la población costarricense y sus proyecciones: Actual 2%, para el 2025 un 3%, en el 2026 será selectivo y un 7% aduanero; un 0.25% al 2028, un 13% para el 2031 y un 24% en el 2035.
- La potencia adecuada para un cargador ronda la media 150-160 kW en carga simultánea.
- Si se tiene una batería que esté en el rango de 0 a 30 kW, el tiempo de duración de una carga puede rondar el rango mediano en 2 horas y un rango grande de 3 horas en adelante para una batería muy grande.
- 5 modelos vehículos en un rango de 32 kW, 3 modelo en un rango de 46, 9 de 55, 5 de 65, 5 de 75, 3 de 85, 5 de 93 y 4 de 115.
- CHAdEMO tiene una flota de 800 carros y hay 10 cargadores rápidos con ese conector.
- Si se piensa en cargadores más potentes se debe pensar en las infraestructura civil y eléctrica que eso conlleva y otras aristas como respaldo de energía dedicado o estabilizar la red.

-Es importante considerar el crecimiento del servicio conforme los usuarios de este tipo de vehículos crecen también.

-Seguridad y monitoreo. Es difícil mantener un oficial de seguridad por temas de costos, por eso es convenientes las alianzas públicas y privadas.

-Es importante que la seguridad y el confort sea muy bueno. Que los usuarios se sientan a gusto.

Anexo 15. Cotización seccionadora - CFS.




CFS SISTEMAS S.A.
Ced. Jur. 5-101-192978
Teléfono: +506 4000 1203
Web: www.cfscr.com
Dirección: San José, Costa Rica, Páramo,
Cilicanto La Virgen, Torre II, Segundo Piso.

OFERTA COMERCIAL

POTENCIANDO ENERGÍA
MEJORANDO LA VIDA

ASESOR COMERCIAL Pedro Jesús Ramos Fonseca	CORREO ELECTRONICO: pedro.ramos@cfscr.com TELEFONO: +506 8709 0058	
CLIENTE CLIENTE	FECHA 5/nov./2024 10:58	OBSERVACIONES
CONTACTO Roy Quiros Cedeño	OPORTUNIDAD# 6829	

Cotización

Oferta No#: 6829-0

Descripción: SUMINISTRO | SECCIONADORA COMPLEJO PARAÍSO GUANACASTE

Línea	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Total
1	1,00	Seccionadora de 3 vías, pedestal, 34,5 kV todas las vías 600 A para el proyecto. Una vía seccionada y 2 protegidas, incluye terminales.	\$89.984,02	\$89.984,02

----- UL -----

Subtotal	\$89.984,02
I.V.	\$11.697,92
Total	\$101.681,94

Monto en letras: Ciento un mil seiscientos ochenta y un dólares estadounidenses con 94/100

Condiciones Comerciales de la Cotización

1. **Precios:** Los precios cotizados son firmes y definitivos, en dólares estadounidenses (USD).
2. **Validez:** La validez de esta cotización es de días naturales a partir de la fecha de esa, una vez cumplido este período nos complacerá confirmar la validez de esta.
3. **Plazo de entrega:** El plazo de entrega ofrecido es de 60 semanas a coordinación desde la fecha de recepción de la Orden de Compra.
4. **Término:** DDP
5. **Lugar de entrega:** Proyecto
6. **Forma de Pago:** 50% contra orden de compra y 50% contra entrega.
7. **Acuerdo en cosa y precio:** En caso de ser aceptada esta oferta, las partes manifiestan que existe acuerdo en cosa y precio.

Descripción Técnica de la propuesta

Seccionadora de 3 vías, pedestal, 34,5 kV todas las vías 600 A para el proyecto. Una vía seccionada y 2 protegidas, incluye terminales.

Condiciones Generales de la Cotización

1. **Garantía Comercial:** CFS Sistemas SA ofrece un periodo de garantía de 12 meses contados a partir de la fecha de la entrega de los equipos o de 12 meses desde la puesta en marcha, lo que suceda primero.
2. **Garantía Financiera:** No se incluyen garantías.
3. **Cambio de recursos:** En caso de ser aceptada esta oferta, todo el personal de CFS Sistemas SA está en la capacidad, ya sea técnica o comercial de asegurarle a nuestro cliente lo establecido en esta propuesta.
4. **Escalabilidad:** Para asegurar el cumplimiento con lo ofrecido en esta propuesta, en caso de requerir información de parte el cliente solicitamos el compromiso y disposición de la siguiente manera. Se estima un tiempo de respuesta de 48 horas después de confirmada la solicitud, si este tiempo se excediera, solicitamos se nos indique alternativamente la manera de hacernos llegar la información requerida ya sea con un contacto alternativo o el superior inmediato. Esto para evitar el retraso, así como el incumplimiento de las condiciones planteadas.