

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA



**Autonomía de los autos eléctricos y la determinación de
los puntos de suministro de energía en la carretera
Panamericana**

**Tesis para obtener el Título Profesional de
Ingeniero en Energía**

AUTOR :

Bach. Alfaro Chachapoyas, María Juliet

ASESOR :

Mg. Guevara Chinchayan, Robert Fabian
DNI 32788460

Código ORCID: 0000-0002-3579-3771

Nuevo Chimbote-Perú

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA



CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

La presente Tesis para Título ha sido revisada y desarrollada en cumplimiento del objetivo propuesto y reúne las condiciones formales y metodológicas, estando en cuadrado dentro de las áreas y líneas de investigación conforme al reglamento general para obtener el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa (R.D: N°580-2022-CU-R-UNS) de acuerdo a la denominación siguiente

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero en
Energía

Autonomía de los autos eléctricos y la determinación de los puntos de
suministro de energía en la carretera Panamericana

AUTOR :

Bach. Alfaro Chachapoyas, María Juliet

Mg. Guevara Chinchayan, Robert Fabian
Asesor

DNI 32788460

Código ORCID: 0000-0002-3579-3771

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA E.P. INGENIERÍA EN ENERGÍA

ACTA DE CONFORMIDAD DEL JURADO

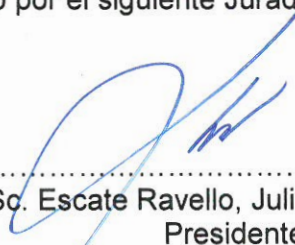
El presente jurado evaluador da la conformidad del presente informe, desarrollado en el cumplimiento del objetivo propuesto y presentado conforme al reglamento General para obtener el grado Académico de Bachiller y Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa (R.D N° 580-2022-CU-R-UNS); titulado:

Autonomía de los autos eléctricos y la determinación de los puntos de suministro de energía en la carretera Panamericana

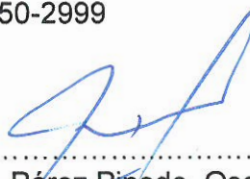
Autor:

Bach. Alfaro Chachapoyas, María Juliet

Revisado y evaluado por el siguiente Jurado Evaluador.


.....
M.Sc. Escate Ravello, Julio Hipólito Néstor
Presidente
DNI 32850228
Código ORCID: 0000-0001-9950-2999


.....
Mg. Guevara Chinchayán, Robert Fabian
DNI 32788460
Código ORCID: 0000-0002- 3579-3771


.....
Mg. Pérez Pinedo, Oscar Fernando
DNI 32739412
Código ORCID: 0000-0002-5780-6115

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

El día jueves 28 del mes de diciembre del año dos mil veintitrés, siendo las 11:00 a.m. en el Aula E3 de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energía, en cumplimiento al Art. 66 del Reglamento General de Grados y Títulos, aprobado con Resolución N°580-2022-CU-R-UNS de fecha 22.08.22, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante Resolución N° 595-2023-UNS-CPI de fecha 11.09.23, integrado por los siguientes docentes:

- M.Sc. Julio Hipólito Néstor Escate Ravello : Presidente
- Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayán : Secretario
- Mg. Oscar Fernando Pérez Pinedo : Integrante


Y según la Resolución Decanal N°869-2023-UNS-FI de fecha 20.12.23 se **DECLARA EXPEDITO** a la bachiller para dar inicio a la sustentación y evaluación de la Tesis, titulada: "AUTONOMÍA DE LOS AUTOS ELÉCTRICOS Y LA DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS DE SUMINISTRO DE ENERGÍA EN LA CARRETERA PANAMERICANA", perteneciente a la bachiller: **ALFARO CHACHAPOYAS MARÍA JULIET** con código de matrícula N° 0200311041, teniendo como asesor al docente **Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayán**, según Resolución Decanal N° 308-2022-UNS-FI de fecha 03.06.2022.

Terminada la sustentación de la Bachiller, respondió las preguntas formuladas por los miembros del jurado y el público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, en concordancia con el artículo 71° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa, declara:

BACHILLER	PROMEDIO	PONDERACIÓN
ALFARO CHACHAPOYAS MARÍA JULIET	DIECISIETE (17)	BUENO

Siendo las 11:45 a.m. del mismo día, se da por terminado el acto de sustentación, firmando los integrantes del jurado en señal de conformidad.


M.Sc. Julio Hipólito Néstor Escate Ravello
PRESIDENTE


Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayán
SECRETARIO


Mg. Oscar Fernando Pérez Pinedo
INTEGRANTE



Digital Receipt

This receipt acknowledges that Turnitin received your paper. Below you will find the receipt information regarding your submission.

The first page of your submissions is displayed below.

Submission author: Robert Fabian Guevara Chinchayan
Assignment title: TESIS REVISION
Submission title: Autonomía de los autos eléctricos y la determinación de los ...
File name: TESIS_ALFARO.pdf
File size: 4.97M
Page count: 149
Word count: 28,522
Character count: 148,519
Submission date: 14-Mar-2024 10:42AM (UTC-0500)
Submission ID: 2320346485



Autonomía de los autos eléctricos y la determinación de los puntos de suministro de energía en la carretera Panamericana

ORIGINALITY REPORT

23%	23%	2%	%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repositorio.uns.edu.pe Internet Source	4%
2	hdl.handle.net Internet Source	4%
3	zaguan.unizar.es Internet Source	2%
4	core.ac.uk Internet Source	1%
5	www.hibridosyelectricos.com Internet Source	1%
6	repositorio.unsa.edu.pe Internet Source	1%
7	repositorio.untels.edu.pe Internet Source	1%
8	ingemecanica.com Internet Source	1%

repositorio.ucv.edu.pe

DEDICATORIA

*A mis padres Pedro Alfaro Morales y
Flor de María Chachapoyas Villon,
por su amor y ejemplo.*

*Para mi esposo Armando Fausto Mejía Ruiz
por su amor y apoyo constante.*

*Para mi hija Arya Aldana
que representa el impulso para seguir superándome*

María Juliet Alfaro Chachapoyas

AGRADECIMIENTO

*Mi gratitud a mis profesores
de la Escuela profesional de
Ingeniería en Energía
por sus enseñanzas.
Al Ing. Robert Guevara
por su invaluable asesoría
en el presente informe.*

María Juliet Alfaro Chachapoyas

Índice General

Índice General

Resumen

I	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Realidad Problemática	1
1.2	Antecedentes	2
1.3	Justificación	6
1.4	Hipótesis	6
1.5	Objetivos	7
II.	MARCO TEÓRICO	8
2.1	Electromovilidad	8
2.2	Vehículos eléctricos BEV	13
2.3	Vehículos híbridos	17
2.4	Autonomía	22
2.5	Cadena de suministro	38
III.	MATERIAL Y MÉTODO	53
3.1	Material	53
3.2	Método	61
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	63
4.1	Determinación de la autonomía de autos eléctricos	63
4.2	Estimación de los puntos de suministro	66
4.3	Ubicación de los puntos de suministro de energía eléctrica	70
4.4	Características tecnológicas de los puntos de suministro	86
4.5	Discusión de resultados	100
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	103
5.1	Conclusiones	103
5.2	Recomendaciones	104
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105
VII.	ANEXOS	115

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Elementos que dan sostenibilidad a la operación de un vehículo eléctrico	13
Figura 2 Componentes de vehículos BEV	14
Figura 3 Esquema de un motor eléctrico axial de vehículos BEV	17
Figura 4 Esquema de un auto HEV mixto	19
Figura 5 Esquema de un auto PHEV	20
Figura 6 Velocidad y Distancia de Desplazamiento para frenado regenerativo	21
Figura 7 Arquitectura de BEV Mercedes EQS	24
Figura 8 Curva típica de potencia de un BEV	26
Figura 9 Evolución de la capacidad de carga de la batería	30
Figura 10 Proceso de carga y descarga de la batería de iones de litio	31
Figura 11 Tecnología de las baterías de iones de litio y su autonomía	32
Figura 12 Baterías de óxido de litio y manganeso LiMn_2O_4 (LMO)	34
Figura 13 Baterías de óxido de litio, níquel, manganeso y cobalto LiNiMnCoO_2	35
Figura 14 Baterías de óxido de litio, níquel, cobalto y aluminio	35
Figura 15 Consumo energético de los vehículos eléctricos	37
Figura 16 Estación de recarga de energía eléctrica	42
Figura 17 Estación de recarga de energía eléctrica con sistemas FV	44
Figura 18 Esquema 1a para la recarga de vehículos eléctricos	47
Figura 19 Esquema 1b para la recarga de vehículos eléctricos	48
Figura 20 Esquema 1c para la recarga de vehículos eléctricos	48
Figura 21 Recarga por Inducción	50
Figura 22 Recarga dinámica	51
Figura 23 Puntos de recarga inalámbrica en España	52
Figura 24 Mapa vial del Perú-Carretera Panamericana Norte	54
Figura 25 Mapa de red de transmisión del Perú-Zona Norte	55
Figura 26 Entorno del Mapa minero energético del Perú	55
Figura 27 BEV Modelo IONIQ V Hyundai	56
Figura 28 BEV Modelo SUV Audi E-TRON	57
Figura 29 BEV Modelo SUV Toyota bZ4X	58
Figura 30 BEV Modelo SUV BMW iX1	59
Figura 31 BEV Tesla S	60
Figura 32 Especificaciones técnicas de infraestructura de carga	61

Figura 33 Diseño de investigación	62
Figura 34 Ubicación punto de suministro Lima.	71
Figura 35 Ubicación punto de suministro Huacho.	72
Figura 36 Ubicación punto de suministro Barranca.	73
Figura 37 Ubicación punto de suministro Huarmey.	74
Figura 38 Ubicación punto de suministro Casma.	75
Figura 39 Ubicación punto de suministro Chimbote estación sur.	76
Figura 40 Ubicación punto de suministro Chimbote estación norte	77
Figura 41 Ubicación punto de suministro Trujillo estación sur	78
Figura 42 Ubicación punto de suministro Trujillo estación norte	79
Figura 43 Ubicación punto de suministro Pacasmayo	80
Figura 44 Ubicación punto de suministro Chiclayo estación sur.	81
Figura 45 Ubicación punto de suministro Chiclayo estación norte	82
Figura 46 Ubicación punto de suministro Piura estación sur	83
Figura 47 Ubicación punto de suministro Piura estación norte	84
Figura 48 Ubicación punto de suministro Talara	85
Figura 49 Ubicación punto de suministro Tumbes	86
Figura 50 Costos de operación de electrolinerías según su % de horas de operación al Mes	100

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características Técnicas a considerar en el uso de las Baterías	27
Tabla 2 Número de puntos de recarga para BEV en el Perú	53
Tabla 3 Estadísticas de ingreso de Tecnología motriz eléctrica al Perú	53
Tabla 4 Especificaciones técnicas de IONIQ5 Hyundai	56
Tabla 5 Especificaciones técnicas de Audi E-TRON	57
Tabla 6 Especificaciones técnicas de Toyota bZ4X (Subaru Solterra)	58
Tabla 7 Especificaciones técnicas de BMW iX1	59
Tabla 8 Especificaciones técnicas de Tesla S	60
Tabla 9 Autonomías para 50% y 80 % de carga de batería	65
Tabla 10 Matriz de distancias entre ciudades para Autonomía entre 387-250 km y 80 % de carga de batería	67
Tabla 11 Matriz de distancias entre ciudades para Autonomía entre 221-142 km y 50 % de carga de batería	69
Tabla 12 Ciudades que cumplen las autonomías caso 1 y caso 2	70
Tabla 13 Tiempo de recarga en minutos	87
Tabla 14 N° de surtidores por electrolinera para máxima demanda 500 kW	87
Tabla 15 N° de surtidores por electrolinera para máxima demanda 400 kW	88
Tabla 16 N° de surtidores por electrolinera para máxima demanda 300 kW	88
Tabla 17 Máxima demanda para electrolinera 50x4 + 150x2	88
Tabla 18 Características técnicas del transformador	89
Tabla 19 Características de cargadores de 50 kW	97
Tabla 20 Características de cargadores de 150 kW	98

RESUMEN

El transporte por carretera por medio autos eléctricos presenta tres problemas actualmente para su desarrollo: la autonomía del vehículo BEV, el costo de adquisición del automóvil BEV y la planificación de la infraestructura de recarga a través de estaciones, las cuales deberán ser ubicadas en diversos puntos en este caso la carretera Panamericana norte, para dar sostenibilidad y seguridad al suministro de energía eléctrica. En el informe se presenta un evaluación referida a la autonomía de los vehículos eléctricos y la determinación de los puntos de suministro de energía en la carretera panamericana norte.

Se tomo como muestra 05 tipos de autos BEV de las marcas de mayor ingreso al mercado peruano y se toma como objeto de estudio el tramo de la carretera panamericana norte.

Se determino el valor de la autonomía para la muestra de estudio, por ejemplo, en uno de los casos se obtuvo un valor de autonomía de 387 km a 80 % de carga y 221 km a 50 % de carga, ambos hasta un valor de hasta 10% de capacidad de la batería, para lo cual consta de una batería de 100 kWh de capacidad y un ratio de 18,1 kWh por 100 km de recorrido. Del mismo modo se han ubicado 12 ciudades (según su nivel de importancia) en donde se deben ubicar los puntos de suministro determinándose según una matriz de enfrentamiento y según autonomías para 80 % de carga (387-250 km) y para 50% de carga (221-142 km), las ciudades son Lima, Huacho, Barranca, Huarmey, Casma, Chimbote, Trujillo, Pacasmayo, Chiclayo, Piura, Talara y Tumbes. Asi por ejemplo en la ciudad de Chimbote se ubicaron geográficamente dos estaciones de recarga (en los extremos de la ciudad. Se determinaron las características tecnológicas de las estaciones de recarga con una potencia de 500 kW, y para un arreglo de 4x50 kW + 2x 150 kW, de carga rápida y superrápida respectivamente. Se dimensiono el valor del transformador el cual tiene una potencia de 750 kVA. Los cargadores son del tipo Raption 50 & 50 HV EVO Modelo CCS CHA T2S32 con intensidad máxima de salida de 108 A para 50 kW y Raption 150 / 150 kW (DC) Compact CCS CHA para 150 kW.

PALABRA CLAVE: Autos eléctricos, autonomía, suministro de energía.

ABSTRACT

Road transport by means of electric cars currently presents three problems for its development: the autonomy of the BEV vehicle, the acquisition cost of the BEV car and the planning of the charging infrastructure through stations, which must be located at various points. In this case the North Pan-American highway, to give sustainability and security to the supply of electrical energy. This report presents a study regarding the autonomy of electric cars and the determination of power supply points on the Pan-American highway.

05 types of BEV cars of the brands with the highest income in the Peruvian market were taken as a sample and the section of the northern Pan-American highway was taken as the object of study.

The autonomy value for the study sample was determined, for example, in one of the cases an autonomy value of 387 km at 80% load and 221 km at 50% load was obtained, both up to a value of up to 10% battery capacity, for which it consists of a 100 kWh capacity battery and a consumption of 18.1 kWh/100 km of travel. In the same way, 12 cities have been located (according to their level of importance) where the supply points should be located, determined according to a confrontation matrix and according to autonomy for 80% load (387-250 km) and for 50% load. (221-142 km), the cities are Lima, Huacho, Barranca, Huarney, Casma, Chimbote, Trujillo, Pacasmayo, Chiclayo, Piura, Talara and Tumbes. Thus, for example, in the city of Chimbote, two recharging stations were located geographically (at the ends of the city). The technological characteristics of the recharging stations with a power of 500 kW were determined, and for an arrangement of 4x50 kW + 2x 150 kW, fast and super-fast charging respectively. The value of the transformer was sized, which has a power of 750 kVA. The chargers are of the Raption 50 & 50 HV EVO type CCS CHA T2S32 model with a maximum

output intensity of 108 A for 50 kW and Raption 150 / 150 kW (DC) Compact CCS CHA for 150 kW.

KEYWORD: Electric cars, autonomy, energy supply.

I. INTRODUCCIÓN.

1.1 Realidad problemática.

Es una real preocupación para los países la futura estabilidad del medio ambiente, su deterioro y el efecto en el mundo y su continuidad, tal forma el sobre calentamiento global que se viene experimentando a nivel mundial y que afecta al clima (cambios de temperatura en diversas zonas) y a las poblaciones principalmente, que se ven con la necesidad de migrar al ser afectados por fenómenos climatológicos. Esto es consecuencia principalmente de grandes emisiones de gases de efecto invernadero en cada instante de tiempo se emiten a la atmosfera, como consecuencia del uso indiscriminado de los combustibles tradicionales, principalmente en el sector transporte, seguido del sector industrial. En el sector transporte terrestre se genera más del 60% de emisiones nocivas para el medio ambiente, debido al uso del petróleo diesel, gasolinas, glp y gnv, estas últimas en menor medida, pero también contribuyen con el deterioro del medio ambiente.

La electromovilidad se presenta a la fecha como una solución a mediano plazo para poder reemplazar a los hidrocarburos en el sector transporte, pero presentan a la fecha tres problemas fundamentales por resolver a la brevedad y son : los altos costos de los vehículos eléctricos, la autonomía de los vehículos la cual tiene relación directa con la capacidad de batería y logística o infraestructura de carga, que incluye desde la ubicación de los puntos de suministro de electricidad, su velocidad de carga que esta relacionado con el tamaño de en potencia de la estación de carga.

Con el avance tecnológico se ira superando progresivamente los problemas por altos costos de los vehículos, a un precio superior a los U\$ 30 000 en el mercado peruano, así como las baterías de litio se presentan como una solución real para mejorar el desempeño de los acumuladores eléctricos. Por otro lado, muchos países han implementado políticas de planificación para su infraestructura de carga, para carreteras, la cual se presenta como un problema por controlar.

Con referencia al litio, su empleo en las baterías presenta un alto desempeño, en la capacidad de acumulación, por otro lado, baterías de litio no son inocuas para el medio ambiente, tan solo representando su proceso extracción, un impacto negativo al medio ambiente. En aspectos tecnológicos se ha mejorado enormemente, este problema es el más importante en los coches eléctricos desde hace más de un siglo.

La transición energética y los compromisos de las COP, es la principal motivación para la implementación de autos eléctricos en diversas ciudades, pero se presenta un problema en el desplazamiento del auto entre dos ciudades distantes en las cuales, la distancia supera el valor de la autonomía. Así mismo empleando combustibles convencionales, representa para un conductor un gran problema el quedarse sin combustible en medio de una carretera, sin presencia cercana de gasocentros. Con referencia al incremento del empleo de los autos eléctricos, también presentan el problema de la logística en las carreteras. Y lo mismo se replicará en todos los países que no prevean a futuro de que la inserción de la electromovilidad Inter ciudades deberá requerir también de una red de puntos de suministro asociados a la carga eléctrica. Si es cierto en nuestro País, no se alcanza aun los 1000 vehículos eléctricos , en donde tan solo el 20% es aun BEV y no se cuenta con una política de planificación clara la implementación de la electromovilidad, es un hecho que a corto plazo debe migrarse de manera masiva de autos convencionales a autos eléctricos. Presentándose dentro de los principales problemas por los puntos de recarga y mas aun cuando estos están ubicadas en dos ciudades distantes, por ejemplo la distancia entre Lima a Chimbote en la carretera panamericana nueva es de 418 km, distancia superior en el doble de la autonomía de auto eléctrico BEV, con lo cual surge la premura de planificar a corto de plazo los lugares donde deberían estar ubicados los puntos de recarga y de que fuente de energía deberá proveerse de tal manera que la cadena de suministro sea confiable y segura, teniéndose en cuenta la disponibilidad de la fuente de Energía en el lugar de suministro seleccionado.

Como parte de la presente investigación se planteó el siguiente problema:

¿Cuáles son las características de los puntos de suministro de energía según la autonomía de autos eléctricos en la carretera Panamericana?

1.2 Antecedentes:

Se presenta los antecedentes de la tesis:

Arcos, A. (2022) en su investigación titulada “El coche eléctrico: fortalezas y debilidades para su expansión” realizada para la Universidad de Sevilla manifiesta que del grado de penetración de los vehículos eléctricos responden a las situaciones previstas, de tal forma no se presentan barreras para su implementación que puedan superarse, principalmente en el transporte liviano de pasajeros de uso particular o

público, quedando tan solo como agente pendiente para ello el transporte interurbano, el cual requiere condiciones especiales en su infraestructura. Pero la masificación de la electromovilidad en el transporte a grandes distancias está limitada a la disponibilidad de los puntos de suministro y la distancia entre ellas en función a la autonomía de los vehículos.

Arias, D. (2015) en su tesis *Influencia del vehículo eléctrico en la fiabilidad de los sistemas eléctricos para obtener el título de Ingeniero Industrial en Universidad Carlos III de Madrid, España* concluye que la tecnología de recarga directa está basada en la ausencia de estrategias, en este caso los mismos consumidores deben conectar su vehículo a la red que puede ser publica o residencial. Esta estrategia presenta dificultades en la red de suministro de carga eléctrica para una determinada área geográfica y presenta un valor muy bajo de fiabilidad. La coincidencia de la recarga eléctrica de los vehículos trae consigo el incremento de los picos de demanda del sistema eléctrico de la zona, con lo consiguiente se debe tener sistemas confiables de carga ya sea para hora punta y hora valle independiente de su ubicación.

Bobadilla, J. (2020) en su tesis “*Propuesta del diseño de la infraestructura de recarga para futura adquisición de buses eléctricos en la UNTELS*” para obtener el título de Ingeniero Mecánico Eléctrico para la Universidad Nacional Tecnológica del Sur en Perú, determino la necesidad de instalar un punto de recarga y elaboro estrategias para implementarla con sistemas EVA 040KI y EVA 080KI de la marca BYD con el que el ómnibus podrá realizar recargas en periodos de 6 y 3 horas, obteniéndose una autonomía de 200 km que lo cual podrá cumplir con el servicio de transporte de alumnos en la provincia de Lima. Se deberá planificar la operación para evitar caer fuera del rango del punto de suministro, para esto la tecnología propuesta cumple con las condiciones del proyecto.

Cano, V y Moreno, F. (2019) en su tesis *Implementación de una Raspberry Pi como agregador eléctrico en un grupo de electrolinerías en la Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia* concluye que es necesario la planificación de estrategias para el despacho óptimo del suministro de energía para vehículos eléctricos a la red, siendo la función objetivo la cobertura de la demanda del auto eléctrico y la maximización los beneficios económicos obtenidos por el suministrador, teniendo en cuenta el estado de carga de la batería y la distancia que se recorre diariamente.

Se planifica incluir las energías renovables como los paneles solares fotovoltaicos y crear en el operador del sistema la capacidad de tomar decisiones para la toma energía de la red pública y en qué momento usar la energía eléctrica generada por los sistemas fotovoltaicos, esto es mucho más importante cuando se tienen grandes distancias por recorrer, tal como son carreteras interurbanas y además se desea proveer de un suministro seguro y confiable.

García, I. (2020) en su investigación doctoral titulada Análisis de factores económicos, tecnológicos y políticos en el mercado futuro para el auto eléctrico en España empleando la dinámica de sistemas para la Universidad de Valladolid, concluye que la masificación de la electrificación del transporte está limitada a tres desventajas con relación a los vehículos convencionales: siendo ellas baja autonomía, el elevado costo de los autos eléctricos puros y la ausencia de una logística e infraestructura para la recarga. La autonomía de un BEV en comparación con un vehículo convencional es mucho menor, estando limitado el mercado potencial de los autos eléctricos principalmente en las ciudades o transporte urbano, del mismo modo el problema se acrecienta cuando las rutas de desplazamiento son entre ciudades y con distancias de recorrido superior a la autonomía. El avance tecnológico de las baterías permitirá en el futuro la masificación del empleo de los vehículos eléctricos. Bajo la incertidumbre de este avance tecnológico, se requiere dar un mayor énfasis en la investigación con la finalidad de reducir los precios de adquisición de los BEV por los usuarios particulares y de servicio público.

Mera, L. (2020) en su tesis Análisis técnico para implementar estaciones de carga rápida de vehículos eléctricos para la provincia de Galápagos en su tesis para obtener el título de Ingeniero Electricista en la Escuela Politécnica Nacional de Quito, estableció una estrategia metodológica para la determinación del efecto del ingreso de los vehículos eléctricos en los sistemas eléctricos de Santa Cruz y San Cristóbal en función al parque de generación de energía eléctrica existente en estas y la dinámica de la demanda. El estudio permite determinar la potencia, número y ubicación de los puntos de recarga, para ello se identificó el tipo de vehículos que generan un alto efecto en la curva de demanda. Para ello se realizó un conjunto de simulaciones para identificar los casos críticos. Es necesario clarificar al público la diferencia de los términos métodos de carga, tipos de carga, modos de recarga, niveles de recarga y tipo de conexiones a red, los cuales son confundidos con mucha frecuencia, lo cual a

tenido como resultado la baja inserción de vehículos eléctricos en Ecuador y del mismo modo para los que han ingresado al mercado han presentado problemas por la falta de infraestructura para la recarga y también de repuestos.

Pérez, O. (2018) en su tesis Estudio para el desarrollo de carreteras eléctricas para vehículos de grandes cargas en la Universidad Politécnica de Madrid, España concluye que existe un gran dilema para el transporte vehicular por carretera, y debido a los diversos modelos y tipos de tecnología diversas entre los vehículos, condicionan la planificación. Se ha intentado mantener un modelo y estudios genéricos entre para las diversas tecnologías de vehículos de carga pesada, para poder obtener resultados. La seguridad de la cadena de suministro y la protección del entorno son condiciones indispensables para la futura aplicación de las carreteras eléctricas cuando se tienen grandes distancias por cubrir. La aplicación en camiones de carga pesada involucra motores eléctricos con sistemas de recarga de gran capacidad.

Requena, J. (2019) en su tesis titulada Diseño del sistema eléctrico de una electrolinera en entorno aislado, conectado a red, con energía fotovoltaica para obtener el título de Ingeniero Industrial en la Universidad Politécnica de Valencia , España concluye que el sistema automotriz se encuentra en un proceso de transición en el cambio del tipo de fuente de energía, desde los combustibles convencionales (hidrocarburos) hacia la electrificación y empleo del hidrógeno como combustible automotor. La electrificación de los vehículos aumenta a pasos agigantados según el nivel de tecnología. Para una adecuada logística del suministro de energía eléctrica se requiere la implementación de una red de cargadores eléctricos que reemplacen a los gasocentros. El principal reto que afronta el BEV es la autonomía, la cual es de 200 a 250 km según la tecnología y marca del vehículo, y su correspondiente precio. El emplazamiento de una electrolinera entre Madrid y Valencia se ubica 186 km de Madrid y 169 km de la ciudad de Valencia posibilitando la circulación de los BEV con sus autonomías y capacidades actuales de baterías. Al hallarse en un entorno aislado y según al desarrollo permanente y reducción de costos de la energía fotovoltaica, se debe instalar al lado de la electrolinera, una planta solar fotovoltaica de gran potencia para el abastecimiento de energía eléctrica a la electrolinera. La capacidad de la central solar será función del número de cargadores y el modo de recarga, para ello es necesario tener una gran área disponible para ello.

1.3 Justificación.

La justificación es la siguiente:

La movilidad eléctrica, como novedosa tecnología presenta el potencial para conseguir la reducción de emisiones de CO₂ y contribuye a la transición del sistema de transporte hacia un sistema mucho más limpias y sostenido.

El abastecimiento de energía en el sector del transporte juega un papel importante para la sostenibilidad de cualquier proyecto a implementarse, debido a que no solo se requiere tener el activo circulando, sino que también involucra muchos aspectos que deben tomarse en cuenta para tener éxito.

El presente proyecto de investigación desarrolla un análisis que permite la determinación de criterios para implementar estaciones de carga en la ruta de la carretera Panamericana del Perú de un total de 2775 km desde la estación la Yarada en la frontera con Chile a la ciudad de Zarumilla en la frontera de Ecuador relacionándola con la autonomía de los autos eléctricos de un valor promedio de 200km.

Permitirá identificar la ubicación de los puntos de la red de suministro de electricidad a lo largo de la carretera panamericana de tal manera que prevea una red eficiente, confiable y segura durante los desplazamientos de los autos eléctricos de ciudad a ciudad. La cual deberá tener un margen de seguridad dentro del rango de autonomía del auto eléctrico BEV.

Del mismo modo se determinará las fuentes de energía disponible para el suministro de energía eléctrica en las electrolinerías, según la ubicación geográfica. Así mismo la capacidad de recarga simultánea es una variable de relevancia a determinar.

Del mismo modo se podrá determinar: ubicaciones geográficas, dimensionamiento de las estaciones de recarga en cuanto a potencia, curvas de carga, factores de simultaneidad, requerimientos de energía eléctrica y las distancias sostenibles entre los puntos de carga entre ciudades.

1.4 Hipótesis.

La autonomía de los autos eléctricos determina que para la ubicación de los puntos de suministro de energía en la carretera Panamericana deben ser contar sistemas de carga con sistemas conectados a red.

1.5 Objetivos.

Objetivo general

Determinar los puntos de suministro de energía para los autos eléctricos según su autonomía en la carretera Panamericana norte.

Objetivos específicos:

- Estimar la autonomía de autos eléctricos de pasajeros.
- Estimar los puntos de suministro de energía mediante electrolinerías según su ubicación en la carretera Panamericana Norte y disponibilidad de energía.
- Dimensionar las características tecnológicas de los puntos de suministro de energía eléctrica de las electrolinerías en la Carretera Panamericana Norte.
- Estimar el costo de operación de un centro de recarga de autos eléctricos.

II. MARCO TEÓRICO.

2.1 Electromovilidad.

2.1.1 Fundamentos.

La Movilidad sostenible esta referida al estudio para hallar las mejores alternativas tecnológicas para reducir los aspectos negativos provocados por los problemas medioambientales producto del empleo de los vehículos como medio de transporte terrestre; teniendo en cuenta de que la mayor parte de vehículos tienen como energía primaria el calor de reacción de los combustibles derivados de los hidrocarburos de alto índice de contaminación, como lo representan el petróleo, gasolina, GLP y GNV. La electromovilidad es la tecnología que permite el transporte de personas o de mercancías que utiliza un motor eléctrico en reemplazo de un motor de combustión interna alternativo. El motor eléctrico es energizado por una batería que le suministra energía para el desplazamiento. Muchas personas consideran al vehículo eléctrico una tecnología moderna reciente, pero según investigaciones y su desarrollo tecnológico esto se remonta a tiempos pasados. (Acosta & Carbajal,2021)

La Electromovilidad esta referido al empleo de vehículos eléctricos, en este caso para los vehículos que emplean combustibles y/o una tecnología energética suministrada por 1 o más motores eléctricos. Incluye una serie de tecnologías como los vehículos con baterías eléctricas BEV (battery-electric vehicle) 100% eléctricos, los PHEV o híbridos enchufables y vehículos con celdas de combustible que incluyen a los vehículos desde 2 y 3 ruedas, autos ligeros, SUV, buses, camiones de diversas capacidades y scooters. En la tecnología de autos eléctricos existen 2 tecnologías: la primera es el vehículo con batería de ion-litio, y el vehículo fuel cell, en la cual se produce energía eléctrica con hidrógeno, y eso permite accionar al motor eléctrico. En este caso el de batería necesita una recarga que tiene un determinado tiempo, mientras que el fuel cell se recarga en periodos mucho menores de aproximadamente 2 minutos y presenta una autonomía superior al vehículo eléctrico, pero es de muy costoso. (García, 2019)

Los graves problemas medioambientales han llevado a las personas y organizaciones públicas y privadas, a remplazar los sistemas automotores convencionales para reducir el impacto por empleo de hidrocarburos, los cuales emiten gases de alto

índice de contaminación y nocivos para el medioambiente como para los humanos de forma directa. (Villanueva, 2022)

Para conseguir los objetivos del párrafo anterior, es necesario definir transporte sostenible. Este último tiene la finalidad el transporte de personas y mercancías asociados a un menor costo y menores efectos negativos sobre el ambiente y la sociedad en comparación a los sistemas automotrices con combustibles tradicionales, principalmente el petróleo y desplazarlo en cierta medida mediante el empleo de vehículos que empleen combustibles menos contaminantes, para ello en el transporte sostenible, se ha identificado que hace falta de un cambio estructural en diversos aspectos, desde simples modificaciones en el comportamiento del consumidor del transporte hasta la implementación de infraestructura especial, disponible y confiable y el desarrollo tecnológico de autos que empleen energía renovable (Línea verde). (Villanueva, 2022)

Las opciones actuales para optar un transporte sostenible se presentan aquellas tecnologías de vehículos que funcionan con electricidad suministrada por un motor eléctrico alimentado por una batería, tal como scooters, motos, autos y autobuses que no generan emisiones dañinas para el medio ambiente. Es necesario identificar las diferencias entre los vehículos eléctricos, existiendo actualmente 2 tecnologías: híbridos tal como los HEV y PHEV y los no híbridos como lo es el BEV o vehículo 100% eléctrico. (Villanueva, 2022)

El alto índice del transporte motorizado y la demanda por tener un vehículo privado se incrementa exponencialmente y con ello el consumo de combustibles tradicionales principalmente los derivados del petróleo y el gas natural, la contaminación ambiental, el ruido, la contaminación visual, el alto índice de accidentes, el peligro y la congestión circulatoria que en muchos casos retrasa los periodos de desplazamiento de vehículos y personas. Para ello la planificación del transporte y urbanismo presentan un compromiso para conseguir el incremento de la demanda urbana de movilidad eléctrica, esta debe ser ordenadamente y eficiente, lo que implica a los órganos de toma de decisiones la incluyan dentro de sus políticas de desarrollo, ya sea municipal, estatal o nivel país. (Villanueva, 2022).

2.1.2 Importancia.

Disminución del ruido Los vehículos de transporte público que emplean combustibles fósiles producen elevados ruidos durante su operación, superando en algunos casos los 80 dB en horas de congestión (en rutas de alto nivel de tránsito), tal es el caso en las grandes urbes, en donde el nivel de contaminación sonora es muy elevado. La electromovilidad basa su operación en una tecnología distinta a la del transporte tradicional, siendo los vehículos eléctricos más silenciosas en su operación y su empleo implica reducir el nivel de ruido en una ciudad. (Perrone, 2020)

Disminución en el empleo de lubricantes, los vehículos convencionales se emplean elevados porcentajes de lubricantes. Así tenemos, “cada bus utiliza en promedio 5 galones de lubricantes que deben cambiarse cada 3 semanas; si los multiplicamos por el total de buses de una ciudad, tenemos un número significativo de lubricantes que son utilizados y como resultado una cantidad importante de aceite quemado que no tiene un procesamiento adecuada e incluso puede terminar contaminando cuerpos de agua”. En el proceso de transición para transformar la flota vehicular a eléctrica, se dejará de consumir grandes volúmenes de combustible y lubricante; lo cual representa un gran beneficio al medio ambiente por la disminución de la producción de residuos lubricantes que son desechados. (Perrone, 2020)

El análisis de costo y beneficio de la carbono-neutralidad en el Perú de Quirós-Tortós, J. (2021), presenta un estudio de vital importancia para poder alcanzar la carbono-neutralidad para nuestro país hacia el 2050, en lo concerniente al aspecto de mitigación. El sector transporte terrestre requiere con urgencia la electrificación del parque automotor particular, pública y de carga lo cual permitirá la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero en cerca de 29 MtCO_{2e} para el año 2050, tomando como base el año 2020, y una reducción de 76 MtCO_{2e} con respecto al escenario base del 2018. La descarbonización del sector transporte permitirá un ahorro de 92 000 millones de dólares con meta al año 2050. (Álvarez et al., 2022)

En el 2017 un sistema eléctrico de la empresa BYD circuló en modo de prueba por la carretera central norte de la ciudad de Quito, determinándose que un ómnibus convencional consume en promedio 54,6 galones de diésel al día, lo cual es

equivalente a la emisión de 500 kg de CO₂ diario (valor que al afectársele por el periodo de vida útil del vehículo se obtendría el efecto contaminante total del vehículo durante su circulación) y que con el reemplazo por un bus el potencial de mitigación por el reemplazo de ómnibuses y autos eléctricos es muy importante, por lo tanto para alcanzar un transporte sostenible es vital contar con las unidades de transporte que operen con electricidad de la red (lo cual resulta eficiente) o mediante sistemas solares para puntos de carga lenta. (Perrone, 2020)

Los beneficios potenciales para la salud de las personas es un aspecto prioritario ya que está relacionado de forma directa al empleo de vehículos con tecnología libre o de bajo nivel de emisiones. Se requiere tomar decisiones urgentes, debido a que tendrá un alto impacto en la disminución de emisiones de gases nocivos y se relaciona con otros problemas vinculados, tal como la presencia de materiales particulados en la atmósfera, que produce enfermedades respiratorias en las personas. Si se consigue reemplazar 1 200 buses convencionales por buses eléctricos se conseguiría impactos significativos para la salud de los seres vivos pues la disminución de material particulado es muy considerable y tiene un alto efecto positivo en la mejora de la calidad del aire y disminuyendo los impactos en la salud, tal como enfermedades cardiovasculares y respiratorias. (Perrone, 2020)

Eficiencia: Esta relacionado a la comparación de autos eléctricos tienen un mejor rendimiento que los vehículos convencionales. Así tenemos que el rendimiento de vehículos a gasohol el mci varía entre el 20% y el 27%, para los vehículos diésel entre los valores de 25% a 35%. En el caso de los vehículos eléctricos recargados en una central de energía con gas natural presentan rendimientos desde 35% y el 37%, mientras que vehículos eléctricos recargados por energías limpias presentan rendimientos de 80%. (Álvarez et al., 2022)

2.1.3 Casos de implementación en países.

La historia de la electromovilidad data desde el año 1830, Robert Anderson, un hábil hombre de negocios de Escocia, realizo el diseño de un vehículo empleando la tecnología de la electromovilidad. En 1852 se inicia la producción de los vehículos eléctricos en pequeña escala, limitada por su muy baja autonomía, por la baja

capacidad de la batería de esa época con escasa capacidad para tener un buen desempeño. El año 1859 Plante logro la construcción de un conjunto de baterías recargables y de mejor capacidad de almacenamiento, luego Camille Faure propone importantes mejoras en las baterías los cuales se evidencian en la actualidad que ha permitido el despegue de la electromovilidad. A inicios del siglo XX, ya se empleaba vehículos eléctricos con la desventaja de que se autonomía era muy baja y aun no se contaba con una infraestructura y logística para su sostenibilidad. (Villanueva, 2022)

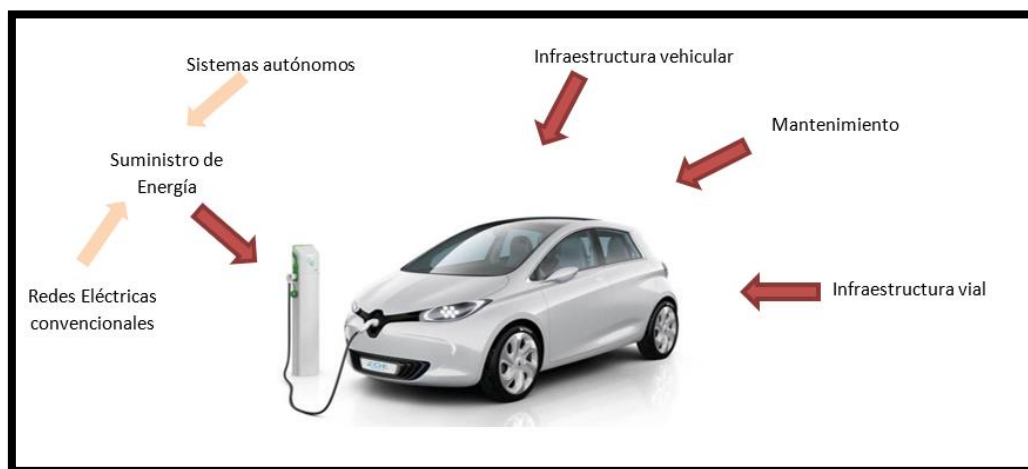
La electromovilidad se ha diversificado en muchos países, difundiéndose con mayor énfasis en los países europeos (principalmente los países nórdicos) y Japón y China. La implementación de la electromovilidad en los países detallados se hace sostenible con la aparición de diversas tecnologías de modelos en la cual los fabricantes inician una competencia por acaparar al mercado aun en ascenso. China es el país con el mayor número de vehículos eléctricos con 1'204 000 autos; Estados Unidos con 324 000 vehículos de diversos modelos; y Alemania con 109 000 unidades, alcanzando este último país un incremento mayor al 50 % en su parque vehicular, del mismo modo se inicia la fabricación de los vehículos híbridos y eléctricos en fábricas alemanas. Por lo contrario, en China y Estados Unidos el 81 % y 75 % de sus vehículos eléctricos son del tipo BEV que operan únicamente con motores eléctricos. (Villanueva, 2022)

En mayo del 2022, la Comisión de Medio Ambiente de Europa aprobó por unanimidad la prohibición de la comercialización de vehículos con motores diésel y gasolina a partir del año 2035, propuesta la cual está aún para aprobación por el parlamento de Europa, esta medida prohíbe la venta de vehículos que utilicen todo tipo de biocombustibles. Un buen grupo de fabricantes indicaron que desde el 2021 se han realizado sustanciales inversiones para adecuar sus instalaciones a la manufactura de vehículos eléctricos. Del mismo modo la empresa Volkswagen AG anuncio que para el año 2035 se dejara de vender automóviles con motores de combustión interna; la empresa Stellantis, el cuarto fabricante mundial de automóviles realizara la inversión de US\$ 35 000 millones desde el 2020-2025 en la electrificación de sus modelos de autos a comercializar, mientras que BMW y Renault realizan inversiones en HEV y PHEV. (Álvarez et al., 2022)

La función primordial de un sistema de potencia es la provisión de electricidad a sus puntos de consumo, de forma económica y con un grado de confiabilidad y calidad que permita tener un sistema energético óptimo. Los usuarios esperan un suministro continuo para poder cubrir la operatividad de los vehículos eléctricos en carretera o en las autopistas urbanas. Esto tiene un cierto grado de probabilidad de ocurrencia en la realidad debido a que siempre están presentes debido a la, aleatoriedad de la presencia de fallas, sobre todo cuando no existe la logística e infraestructura de mantenimiento. La ubicación de los puntos de suministros es un problema real en las carreteras de gran longitud para el traslado de un vehículo eléctrico en función a su autonomía. El efecto económico de estas fallas puede ser de gran impacto sobre la operatividad del vehículo. (Usaola, 2015)

Figura 1

Elementos que dan sostenibilidad a la operación de un vehículo eléctrico



Nota. Elaboración propia

2.2 Vehículos eléctricos BEV.

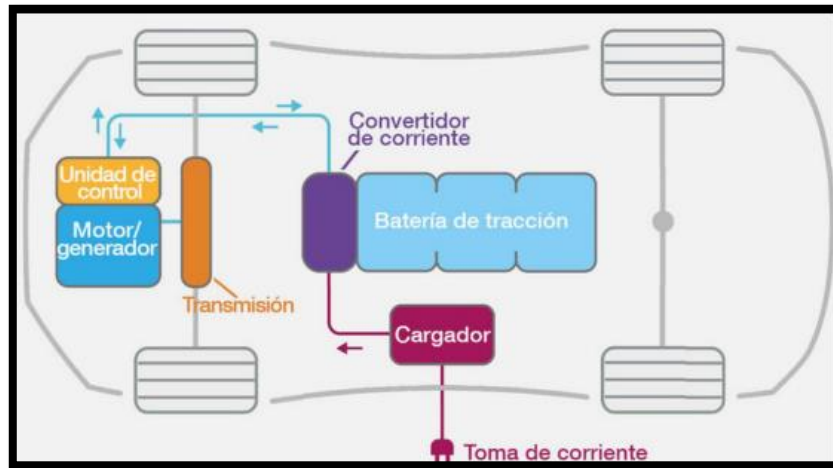
2.2.1 Fundamento de operación.

La fuente de energía de un BEV es proveniente de la energía contenida en una batería la cual debe recargarse continuamente. Incorporan tecnologías novedosas de recarga, por ejemplo, el frenado regenerativo. El BEV se fundamenta en uno o más motores eléctricos acoplados directamente al eje o ejes de la máquina. Los motores eléctricos son controlados mediante un variador de velocidad y otras tecnologías de

electrónica de potencia que permiten la operación del vehículo de forma eficiente enlazando las señales desde el conductor al sistema de transmisión con gran eficiencia. Del mismo modo el tamaño del motor también se reduce en comparación a los mci. (Acosta y Carbajal, 2021)

Figura 2

Componentes de vehículos BEV



Nota. Imagen tomada de tesis de Álvarez et al. (2022)

2.2.2 Componentes.

El sistema motriz de un vehículo eléctrico se compone de un tomacorriente, un sistema de carga, un sistema de acumulación o baterías, un convertidor, un sistema de transmisión mecánica, un sistema de control del motor eléctrico y 1 o 2 motores eléctricos. Del mismo modo una batería de 12 voltios y una UCE para la gestión de los sistemas, y para la operación del BEV. (Álvarez et al., 2022)

Sus componentes son:

- Toma de corriente y cargador a bordo: Los puertos de carga permiten la conexión del carro a una toma de corriente doméstica, wallbox y cargadores rápidos públicos. Junto a estos componentes se ubica el cargador a bordo cuya función es convertir la corriente alterna a corriente directa otorgándole un voltaje superior y apropiado para suministrar carga a la batería de potencia y poderla almacenar. (Torres, 2021)

- Pack de batería: Todos los carros eléctricos tienen una batería de tracción cuya función es almacenar la energía y proporcionarla según la demanda requerida por el conductor. En los autos eléctricos BYD esta batería actualmente suele ser de dos tipos de diseño, según el modelo, Níquel, Cobalto Manganeso (NCM) o FLP de última generación, fosfato de hierro de litio como la poderosa y segura BLADE. (Torres, 2021)
- Inversor o convertidor de corriente: En el inversor, los carros eléctricos convierten la corriente directa de menor voltaje en el pack de baterías en un voltaje superior que otorga la energía necesaria para que el motor pueda dar potencia. También es capaz de suministrar corriente de 12V para otras funcionalidades del sistema eléctrico como la iluminación, el entretenimiento a bordo y otras funciones automáticas. (Torres, 2021)
- Unidad de control del motor: La finalidad de la unidad de control en los carros eléctricos BYD es regular la velocidad, par motor y la dirección. Esto lo hace controlando el flujo de energía entre la batería de acumulación y el motor. Funciona de forma bidireccional entregando por un lado energía al motor, pero también con la capacidad de extraer energía de la fase regenerativa de frenado. (Torres, 2021)
- Motor Eléctrico: Es la parte más conocida de los carros eléctricos y funciona básicamente convirtiendo la energía eléctrica entregada por la batería en movimiento que envía hacia el par motor. Dentro de los componentes de esta parte también está el inversor bidireccional y el cargador a bordo. Normalmente se fabrican con funcionamiento por inducción o de imanes permanentes. (Torres, 2021)
- Transmisión: Una de las ventajas de los carros eléctricos radica en contar un sistema de transmisión de 1 única marcha ya que son capaces de entregar toda la energía del par motor en todo momento. Viene a jugar el papel de la palanca y los cambios en vehículos de combustión interna, pero mucho más sencillo y eficiente. (Torres, 2021)

2.2.3 Avances tecnológicos.

El grupo Renault, comercializa un novedoso motor eléctrico de flujo axial. Los motores eléctricos implementados en los BEV son del tipo síncronos de modelos con flujo radial, posteriormente han sido reemplazados por motores de flujo axial. El aporte de la empresa Renault es que permitió la reducción de costos y la masificación de su modelo en ciertos países. Las bondades y ventajas tecnológicas del motor Axial son tener un mayor par, potencia y presentan un diseño de mayor compacticidad y es ultra ligero, los hándicaps de estos motores producen calor, stress mecánico y gran dificultad en el proceso de devanacion del estator, lo cual a la fecha ha mejorado de forma sustancial. Otro fabricante, como la empresa BMW ha patentado un motor síncrono, libre de imanes, excluyendo a las tierras raras de elevado costo, trifásico de corriente alterna y con escobillas para el rotor, esto se ha conseguido con nuevos materiales que presentan una mayor durabilidad del motor, encapsulado, incremento de la potencia, velocidad de régimen, torque y mejoras en el sistema de refrigeración. (Josep, 2022)

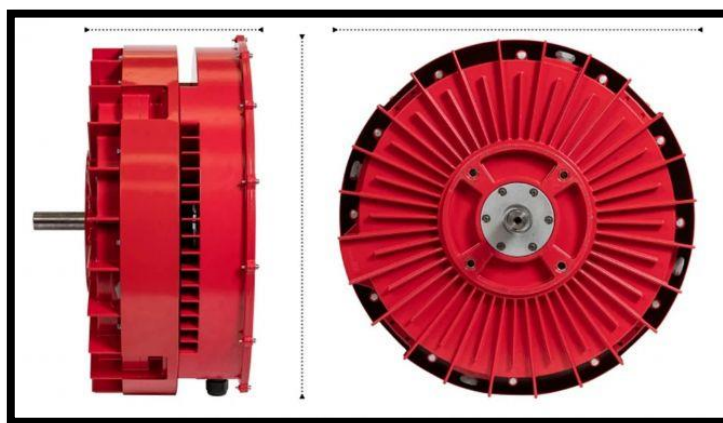
Luego de que la empresa Sony sorprendiera en el evento CES 2020 con su primer modelo de BEV, la empresa ya posee socios que han decidido invertir en el prototipo, siendo su principal socio la empresa japonesa Honda, y la marca: Afeela. El primer vehículo de Afeela se encontrará listo para solicitudes de compra en USA para inicios del año 2025 y los primeros vehículos para clientes serán comercializados el tercer trimestre del 2026. El prototipo BEV posee 45 sensores, asimismo una pantalla digital en el parachoque frontal, LiDAR para la conducción automática y gráficos 3D realizados con el motor Unreal Engine de Epic Games. El primer Afeela usara el "chasis digital" Snapdragon de Qualcomm, una novedosa plataforma para vehículos que integra telemática, conectividad, asistencia al conductor y larga autonomía. Se prevé que otras marcas emplearan la carrocería de Qualcomm. (Alistair, 2023)

Dentro de las tecnologías con mayor posibilidad de entrar al sector vehicular tenemos a los BEV de flujo axial, los cuales poseen un elevado rendimiento energético. Los motores eléctricos comerciales a la fecha presentan una arquitectura radial en este caso el campo electromagnético del estator incide de forma radial sobre el rotor. Para el caso de flujo axial el campo electromagnético del estator incide de forma paralela al rotor, con lo cual aumenta la potencia y el par motor. (García, 2023)

Un motor eléctrico de flujo axial permite un mejor aprovechamiento del bobinado y disminuye el tamaño y peso, tiene la capacidad de producir el cuádruple del valor del par motor sin necesidad producir perdidas de calor. Esto se transfiere de forma directa desde la bobina hacia la carcasa del motor. Del mismo modo su construcción permite tener un menor costo asociado a los metales de alto valor. En resumen, puede producir mayor potencia con un menor flujo de energía primaria entrante con lo cual alcanza un valor alto del rendimiento total. (García, 2023)

Figura 3

Esquema de un motor eléctrico axial de vehículos BEV



Nota. Imagen tomada de García (2023)

2.3 Vehículos híbridos.

2.3.1 Vehículos eléctricos híbridos HEV.

Son impulsados por un motor de combustión interna alternativo y un motor eléctrico de diversas tecnologías. La diferencia entre el PHEV con el HEV radica en que los últimos no son enchufables o no requieren de energía eléctrica externa. La batería es un importante componente de los vehículos eléctricos debido a que se recarga en función a la energía producida por el mismo motor de combustión interna, así como a través del frenado regenerativo se recargan las baterías, esto es la conversión directa de energía cinética en electricidad. El Modelo Prius, de Toyota en su modelo HEV, tiene batería de 1,3 kWh permitiéndole una autonomía en modo eléctrica máxima de 50 km. (Torres,2018)

Los HEV están equipados con un m.c.i alternativo, un motor eléctrico de imanes permanentes, batería y supercondensadores los cuales cumplen la función de unidad de almacenamiento de electricidad. La batería y el super-condensador hace posible la transmisión energética en dos direcciones entre la unidad de almacenamiento y el sistema motriz según las características requeridas. También se tiene un EMC (Ordenador de gestión inteligente de la energía) montado en el automóvil que permite el control de todo el sistema para ordenar a cada componente la tarea que debe desarrollar. Usando un banco de condensadores en vez de un sistema con baterías disminuye la potencia y los ciclos de energía necesarios, trayendo como resultado el incremento de la vida útil de la batería. Por otro lado, el rendimiento disminuye según como el EMC desarrolla la mayor parte de la transferencia de energía eléctrica entre la batería y el súper condensador. El EMC controla el par requerido del motor, así como la gestión y operación de la batería y el condensador. (Acosta y Carbajal, 2021)

En la arquitectura “en serie”, el HEV es accionado a través de 1 o más motores eléctricos, lo cual proviene de una batería o a través de un alternador accionado por un m.c.i. En la arquitectura “en paralelo” el HEV es accionado a través de un motor de combustión interna de forma directa por medio del sistema de transmisión mecánica hacia los neumáticos por 1 o más motores eléctricos. En ambo arreglos la batería tiene la opción de recargarse por el motor y generador mientras el automóvil transita. De forma que la batería no requiere ser de grandes dimensiones como por aquellos que se utilizan en los BEV. En ambos arreglos se utiliza el frenado regenerativo, para este caso el motor eléctrico se comporta como un alternador recargando la batería y frenando el vehículo de forma simultánea. (Acosta y Carbajal, 2021)

En los motores HEV de configuración mixta se puede propulsar al vehículo mediante tres modos de operación:

Sólo por medio de accionamiento del mci alternativo.

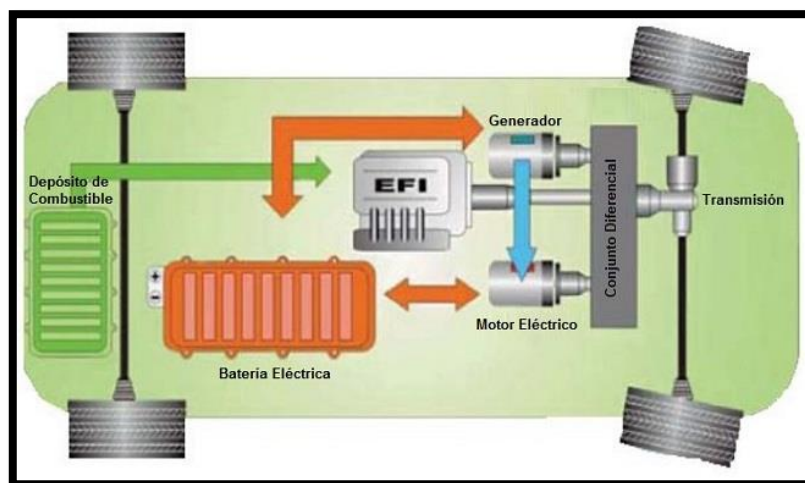
Sólo impulsado por medio del motor eléctrico

Mediante la combinación mixta entre los 2 motores.

El concepto de la arquitectura híbrida mixta es semejante al sistema híbrido en serie, con la diferencia en la cual el sistema mixto conecta el motor de combustión de forma directa al eje del sistema motriz. En el sistema mixto se utiliza un sistema diferencial de engranajes que conecta el motor de combustión, el generador y el motor eléctrico con el sistema de transmisión mecánica para el accionar e impulsar las ruedas motrices. (Ingemecanica, 2022)

Figura 4

Esquema de un auto HEV mixto



Nota. Imagen tomada de Ingemecanica (2022)

2.3.2 Vehículos eléctricos híbridos enchufables PHEV.

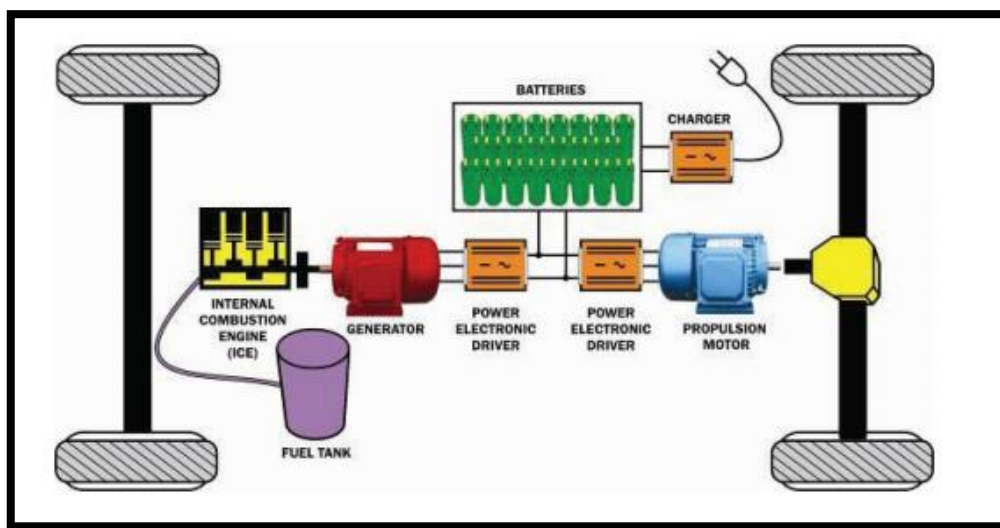
Los vehículos híbridos propulsados por un motor de combustión convencional y un motor eléctrico recargado a través de una batería enchufable. Los PHEV pueden poseer la capacidad de almacenar energía eléctrica con el objetivo de disminuir significativamente el consumo de combustible, el Modelo Mitsubishi Outlander PHEV presenta una batería de 12 kWh, con lo cual presenta una autonomía de 54 km operando solo con el motor eléctrico. (Torres, 2018)

Estas máquinas son semejantes a los vehículos híbridos eléctricos pudiendo realizar la carga de baterías por medio del MCI, pero a diferencia de un HEV, en el PHEV la batería posee una elevada densidad energética, con lo cual pueden alcanzar mayores recorridos en comparación a los HEV. Las baterías de los híbridos enchufables son recargadas por el motor de combustión interna o de forma directa

con energía eléctrica de la red. La energía empleada desde la red eléctrica externa, deja de lado la energía producida por la combustión de combustibles fósiles en el motor; esto es una ventaja con respecto a los HEV ya que requieren de un MCI para poderse recargar las baterías. El PHEV se emplea en tramos muy cortos – cerca de 60 km – sin la necesidad de emplear al MCI denominándose como ZEV (Vehículo de cero emisiones) (Zuñiga,2014)

Figura 5

Esquema de un auto PHEV



Nota. Imagen tomada de tesis de Acosta y Carbajal (2021)

2.3.3 Fundamento de operación.

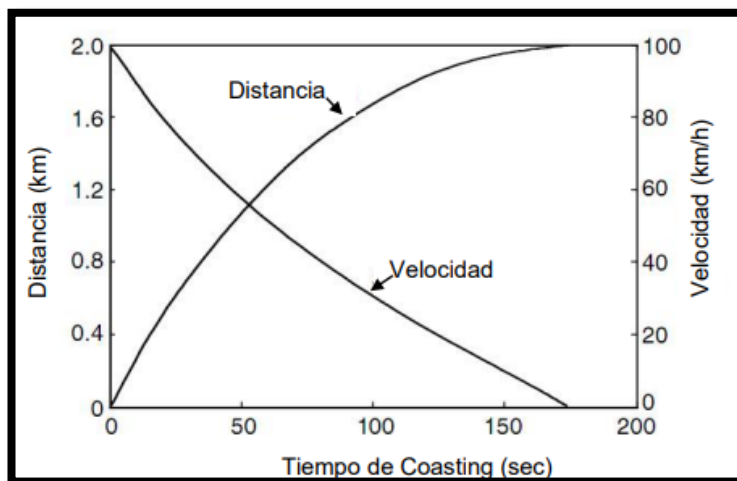
Dentro de los detalles técnicos relevantes de los vehículos eléctricos e híbridos (HEV y PHEV) es la capacidad de obtener energía a partir del frenado regenerativo. La eficiencia del frenado regenerativo representa uno de los principales factores que de alguna manera afectan la seguridad del vehículo. Así tenemos que, en el frenado de emergencia, debe realizarse de tal manera que el vehículo descansa en la trayectoria o desplazamiento más corto. Así mismo deberá mantenerse el control sobre el sistema de dirección del vehículo. (Ayasta, 2018)

En el frenado se disipa cierta cantidad de energía que debe ser absorbida. Así tenemos que la acción de frenar un vehículo de 1,5 Toneladas a 100 km/h permite la disipación equivalente de energía de 0,16 kWh en pocas distancias. Cuando la

energía se disipa sin ningún esfuerzo y tan solo debido a resistencias pasivas sin frenar, el vehículo deberá viajar por lo menos 2 km. El coasting se presenta en el caso de que el conductor libera el pedal del acelerador en un vehículo en pleno desplazamiento realizando una desaceleración. (Ayasta, 2018)

Figura 6

Velocidad y Distancia de Desplazamiento para frenado regenerativo



Nota. Imagen tomada de Ayasta (2018)

La principal ventaja de un HEV radica en su gran eficiencia energética y en la transmisión mecánica, lo que significa el empleo mínimo de energía para desarrollar un determinado recorrido. Por ejemplo, para un motor de combustión interna de encendido por chispa el rendimiento varía entre 24 a 27%, mientras que para un motor con encendido por compresión el rendimiento es mucho mayor entre 30 a 35%, mientras que los motores eléctricos pueden tener rendimientos cercanos al 96%. (Ingemecanica, 2022)

Los vehículos híbridos tienen motores eléctricos del tipo bidireccional, pudiendo funcionar como motor eléctrico en este caso transmitiendo el movimiento hacia los neumáticos para accionar al vehículo o en ciertos casos aprovechan la inercia del automóvil y transforman el movimiento de los neumáticos en energía eléctrica, convirtiéndose en un generador que realiza la recarga de la batería. Su rendimiento se baja en la capacidad de recuperar la energía disipada en el frenado. El resto del ahorro se obtiene en este caso evitándose que el motor de combustión opere en

condiciones donde su rendimiento es bajo, tal como en el inicio o arranque, en modo ralentí o al circular acelerando muy poco. (Ingemecanica, 2022)

Durante el arranque de un vehículo híbrido sólo funciona el motor eléctrico, que está alimentado por la batería, y sólo si el arranque se realiza de una manera gradual con una aceleración suave. En estas condiciones, por tanto, el motor de combustión no funciona por lo que se consigue un gran ahorro de combustible. De esta forma, el vehículo al iniciar la marcha con carga ligera y una aceleración suave, sólo el motor eléctrico es el que proporciona potencia a las ruedas, por lo que el vehículo funciona en modo eléctrico. En estas condiciones el generador gira al revés, y no genera energía eléctrica hacia las baterías, quedando de esta forma inactivo. (Ingemecanica, 2022)

2.4 Autonomía.

2.4.1 Autonomía.

La autonomía se refiere a la distancia (km) que recorre un vehículo antes de detenerse para abastecerse nuevamente de energía (combustible o energía eléctrica) según el tipo de máquina. La autonomía de un vehículo con mci se realiza dividiendo la cantidad de combustible consumido entre la distancia recorrida. La autonomía varía en relación al modelo y tecnología del vehículo, el recorrido realizado, así como la capacidad del tanque de combustible. La autonomía del vehículo se calcula por la relación entre el peso del depósito del vehículo y el peso total. En los automóviles eléctricos, el peso de la batería influye en la autonomía. Otros factores que afectan a la autonomía son el terreno, la temperatura o el tipo de manejo del conductor. (Renting Finders, 2022)

La desventaja que posee un auto eléctrico con respecto al auto convencional es su baja autonomía. Por ejemplo, para tener 200 km de autonomía se requiere de un tiempo aproximado de 1 hora para un proceso de carga rápida y cerca de 24 horas para un proceso de carga lenta de las baterías frente a la autonomía de algunos vehículos convencionales que alcanzan autonomías de 600 km. Por lo tanto, la aleatoriedad de estos factores, representan un problema controlar en este caso para condiciones de pruebas del vehículo para la validación de los ciclos homologados.

Y surge un problema asociado a la autonomía, el cual es la distancia entre los puntos de suministro. (Duque y Roncano, 2018)

La autonomía y los puntos de recarga, representan los principales inconvenientes en la adquisición de los vehículos eléctricos por parte de los usuarios donde se promociona con énfasis la electromovilidad. La tecnología evoluciona rápidamente, tanto que en los últimos modelos ya es normal encontrar distancias máximas de más de 400 kilómetros, que también son compatibles con viajes de medio alcance. (Muchoneumatico, 2022)

Tecnológicamente la Empresa Tesla ha desarrollado tecnologías innovadoras en la fabricación de baterías, que permiten aumentar la autonomía hasta un valor de 16 % reduciéndose el coste por energía en 14 % De las 2 versiones en el mercado del SUV Tesla Model X con 560 km de autonomía, se lo debe a sus baterías de 100 kWh de capacidad. (García, 2023)

El Tesla alcanza velocidades de 100 km/h en apenas 4 segundos de arranque y la velocidad desarrollada alcanza los 250 km/h, por un costo de 99 990 euros. El Tesla Model 3 es uno de los más destacados del mercado de los vehículos eléctricos debido a sus nuevas celdas de batería con lo cual ofrece cerca de 602 km de autonomía. El costo para esta versión con alta autonomía del Tesla Model 3, con sistema de tracción a las 4 ruedas y una aceleración de 0 a 100 km/h en una rampa de arranque de 4,4 segundos, es de 57 990 euros. (García, 2023)

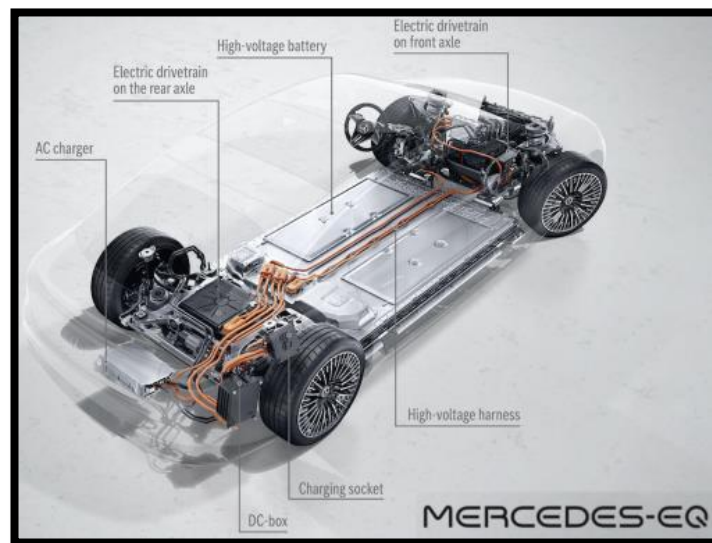
La Empresa Volkswagen ha desarrollado una estación de alta potencia de recarga en su plataforma MEB, que llega a los 170 kW y con autonomía del Skoda Enyaq RS Coupé, de 545 km según la WLTP, son las características principales en relación con el grupo alemán a un precio de 48 755 euros. Por otro lado, BYD, empresa de origen chino desarrollo la tecnología CTP de las baterías Blade que suprime los módulos del empaquetado y su implementación en el Denza D9. Con ello se alcanza una autonomía de 620 km (en el ciclo NEDC que se emplea como norma de calculo en China) y una potencia para recarga de 166 kW. (Garcia,2023)

Hyundai acondiciono una batería del Ioniq 5 y del Ioniq 6, el cual es un modelo de la gama eléctrica de Hyundai, el Ioniq 5, posee un motor de 228 CV, 350 Nm de torque, con propulsión trasera que alcanza autonomías de 507 km. El precio de mercado de 42 660 euros. (García, 2023)

El Grupo Mercedes-Benz con sede en Stuttgart ha desarrollado un BEV de gran autonomía, el EQE de 654 km WLTP, su alto rendimiento durante la recarga y su poco consumo, 15,7 kWh/100km lo que lo ha hecho de excelente desempeño. El Mercedes EQS con baterías de 107,8 kWh la cual permite ofrecer un amplio rango de uso desde 741 km lidera a los BEV en autonomía. Su potencia en esta versión 450+ de tracción trasera es 333 CV y su costo es desde los 120 686 euros. (Garcia,2023)

Figura 7

Arquitectura de BEV Mercedes EQS



Nota. Imagen tomada de Green cars (2023)

El ciclo WLTP, acrónimo de Worldwide Harmonized Light Vehicle Test Procedure. Se trata de una serie de pruebas de laboratorio a las que deberán someterse todos los coches matriculados en Europa a partir de septiembre de 2018. Para los coches endotérmicos se utiliza para comprobar las emisiones contaminantes y el consumo de combustible, mientras que, para los coches eléctricos, obviamente, solo el consumo energético. (Muchoneumatico, 2022)

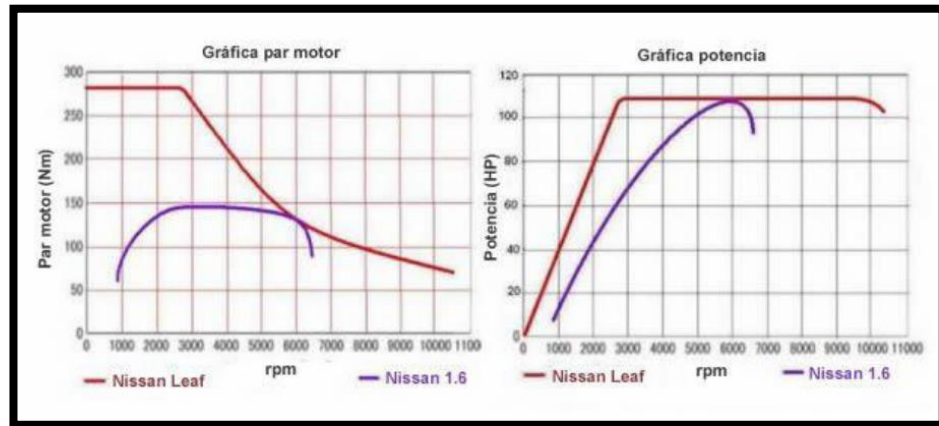
El ciclo de prueba se desarrolla en un banco de ruedas específico, donde se simula un recorrido total de 23,25 kilómetros, divididos en 2 fases urbanas (que juntas representan idealmente el 52% del recorrido) y 2 extraurbanas (48%), con una duración de 30 minutos. El equivalente a un típico viaje casa-trabajo. Para hacerlo más realista, se suponen varios escenarios viales, incluidas las autopistas, con velocidades que van de 0 a 131 kilómetros por hora (para una media de 46,5 kilómetros por hora), con igual número e intensidad de aceleraciones y desaceleraciones para todos. Finalmente, se realizan dos mediciones distintas a diferentes temperaturas: una a 23 °C y otra a 15 °C, y también se tienen en cuenta opciones y equipos específicos, como círculos más grandes. El resultado del test WLTP es una cifra media representativa, muy próxima a la que puede obtener un conductor con un uso mixto del coche. (Muchoneumatico, 2022)

Sin embargo, en casos específicos, la autonomía podría desviarse de la cifra declarada, tanto para bien como para mal. Por ejemplo, si se utilizara un coche eléctrico el 90% del tiempo en la ciudad (en lugar del 52% de la prueba), el consumo medio sería menor y podría aprovechar más la regeneración en frenada, alcanzando incluso una mayor autonomía que dicho, mientras que ocurriría lo contrario para un uso puramente de autopista. La segunda variable es el comportamiento al volante: un estilo de conducción nervioso no entrenado en los secretos de lo eléctrico reducirá significativamente la distancia útil, viceversa una técnica fluida y el conocimiento de algunos «trucos», por ejemplo, anticiparse a las frenadas, podría conducir a una mejor autonomía que la declarada, como lo demuestra una prueba reciente de la NAF (la federación automovilística noruega). También hay que tener en cuenta las pendientes afrontadas y el papel del aire acondicionado: en las pruebas está apagado pero su uso abundante puede afectar al consumo energético. (Muchoneumatico, 2022)

Los motores eléctricos poseen una curva de potencia cuasi ideal en tracción, proporcionando una potencia constante, con la cual alcanzan el máximo par a baja velocidad, y al par mínimo a elevados rpm. (Diez, 2019)

Figura 8

Curva típica de potencia de un BEV



Nota. Imagen tomada de Diez (2019)

2.4.2 Tecnología de almacenamiento.

a. Baterías.

La batería es un componente que permite el almacenamiento de la energía requerida por el sistema motor de un BEV, su capacidad determina el valor de la autonomía y costo del vehículo. La batería abastece de energía eléctrica al motor, a través de procesos electroquímicos con eficiencias cercanos a 100%, posee un determinado ciclo de vida, según el número de recargas y descargas que pueda tener la batería hasta su reemplazo. (Huillca, 2020)

Las baterías se conforman por celdas unitarias que almacenan energía química la cual se convierten en electricidad. Grupos de celdas conforman los módulos, los cuales están conectados en configuraciones en serie y paralelo para suministrar un nivel de voltaje y la energía requerida por el sistema eléctrico. En la operación de la batería, se presentan reacciones químicas en los electrodos los cuales generaran los electrones que circulan de un electrodo a otro, para ello el flujo de electrones es sostenido, cuando los electrones producidos tienen la capacidad de desplazarse a través de un circuito exterior que conecta ambos electrodos. Los puntos de conexión entre los electrodos y el circuito eléctrico externo se llaman bornes. (Ayasta, 2018)

Se presentan las características técnicas para el uso de las baterías.

Tabla 1

Características Técnicas a considerar en el uso de las Baterías

Característica	Detalle
Capacidad	La capacidad de almacenamiento es un indicador relevante, ya que impacta directamente en la autonomía de los vehículos. Nuevas tecnologías que mejoren el almacenamiento energético en el menor tiempo, lo cual es parámetro decisivo para el desempeño de los vehículos eléctricos.
Estado de carga	Se refiere al nivel de la batería con respecto a su capacidad al 100%.
Densidad de energía	Factor que depende del tamaño y del peso de la batería y la capacidad de poder almacenar una gran cantidad de energía. La densidad energética se determina como la energía eléctrica que una batería puede suministrar por unidad de volumen. (Wh/l)
Esperanza de vida	Referido al número de ciclos de recarga que puede contener una batería. La expectativa es obtener baterías que puedan soportar un mayor número de ciclos de carga y descarga.
Energía específica	La energía que la batería proporciona por unidad de masa (Wh/kg).
Poder específico	La potencia eléctrica que suministra una batería por unidad de masa. (W/kg)
Ciclos de vida	Un ciclo de carga esta referido al periodo de tiempo cuando la carga se ha utilizado o cargado al 100%.
Resistencia interna	Durante el proceso de carga, algo de energía se disipa en forma de calor. El flujo de calor producido por unidad de tiempo es igual a la potencia perdida por fricción. Se pierde más energía durante los procesos de carga rápida en comparación con los lentos. Las baterías pueden soportar cargas rápidas y temperaturas más altas inducidas según la magnitud de la resistencia interna. La disminución de la resistencia puede reducir el tiempo de carga que se requiere que es uno de los inconvenientes más relevantes en los autos eléctricos.
Eficiencia	Fracción de potencia que ofrece el acumulador con respecto a la energía cargada.

Nota. Información tomada de tesis de Álvarez et al. (2022)

Componentes de una batería:

- Electrodo positivo: Es un óxido o elemento químico que presenta la capacidad de reducirse durante el proceso de descarga. Este electrodo consume electrones durante el periodo de descarga.
- Electrodo negativo: Es un metal o aleación que tiene la capacidad de oxidarse en el proceso de descarga. Estos electrodos producen electrones en el circuito eléctrico externo durante el proceso de descarga. (Ayasta, 2018)
- Electrolito: Es un medio en la cual se realiza la conducción iónica entre el electrodo positivo y negativo. El electrolito tiene alta y selectiva conductividad en la que iones participan en las reacciones de los electrodos, debe ser aislante para prevenir la autodescarga. El electrolito puede ser líquido, gel o sólido, y ácido o alcalino, según las características de la batería.
- Separador: Es una capa de aislante dieléctrico que separa de forma física los electrodos de polaridad opuesta. Presentan permeabilidad a los iones del electrolito y almacenan o inmovilizan el electrolito. (Ayasta, 2018)

Pese al elevado peso de las baterías, el peso de un vehículo eléctrico es mucho menor debido a que presenta un menor número de elementos y mecanismos, con lo cual su peso se reduce hasta en 60 %, a pesar de que los vehículos híbridos requieren el apoyo del motor de combustión. (Diez, 2019)

La carga de una batería consta de los siguientes pasos:

- Etapa Bulk: En la primera etapa la batería deberá quedar cargada entre 80 % a 90 %, se le suministra corriente a la batería alcanzándose la intensidad de corriente máxima y de forma constante, aumentándose el voltaje de forma muy rápida hasta 12,6 voltios. Luego de esta primera etapa, la intensidad de corriente empieza a reducirse conforme se incrementa la tensión, alcanzándose un valor entre 14,4 a 14,8 voltios. En esta etapa el regulador de carga gestiona electrónicamente evitando que la batería no se sobrecargue, lo cual es perjudicial para su vida útil.
- Etapa de Absorción: En esta etapa la intensidad de corriente se reduce hasta el valor mínimo, hasta que la batería alcanza el 100 % de su capacidad. La tensión llega al nivel máximo denominado como límite de absorción. Esta

etapa tiene como finalidad la estabilidad del electrolito tras realizarse una descarga profunda. (Diez, 2019)

- Etapa de Flotación Es el último proceso de carga, en el cual el regulador proporcionara la intensidad de corriente requerida para compensar la autodescarga y para que la batería permanezca al 100 % de su capacidad.
- Etapa de Ecuilibración o también conocida como etapa de gaseo, tiene como objetivo el ascenso del gas dentro del ácido para alcanzar una homogeneidad dentro de la disolución, y con lo cual se consigue una densidad constante en el electrolito, lográndose que todas las celdas posean la misma tensión y evitándose la sulfatación de sus terminales. (Diez, 2019)

b. Costo de baterías.

El costo de la batería representa el 35-40% del precio del auto eléctrico, lo cual es el resultado del empleo de metales raros de alto costo en su construcción como el níquel, cobalto y el litio que se prevé que aumenten en el futuro su costo debido a su alta demanda, estos metales también son contaminantes. (Josep, 2022)

Se ha determinado que el costo de una batería de iones de litio representa, actualmente, alrededor cerca al 35-40% del costo de un vehículo eléctrico, mientras que hace unos años su participación alcanzaba el 80%. Los expertos suponen que para cuando el precio de las baterías de ion de litio sea de 100 \$ por kWh, el precio de venta de un vehículo con motor a combustión y uno eléctrico serán muy parecidos. Para el año 2021, dicho precio se situó en 137 \$ por kWh, el cual es un valor muy cercano al previsto. (Knaufindustries, 2022)

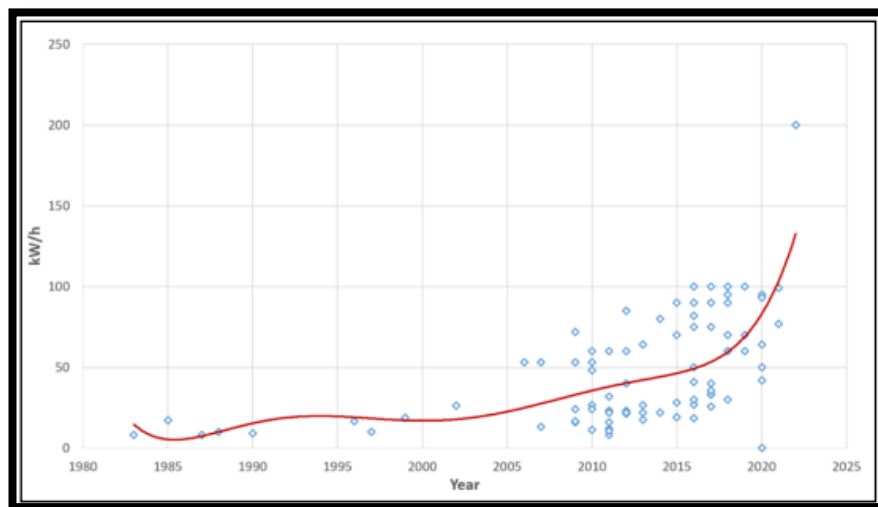
Los precios de los metales para la fabricación de baterías de vehículos se han incrementado en alrededor de un 40%. Los fabricantes predicen que, en el futuro que debido a, la optimización de la minería, la producción de células y los propios vehículos eléctricos se reducirá el precio medio de los vehículos eléctricos en cerca al 60%. el alto costo de extraer los metales que componen el cátodo, como el litio, el níquel, el cobalto y el magnesio, representan el 51% del precio total de una batería. (Knaufindustries, 2022)

c. Capacidad de almacenamiento de baterías

La capacidad de la batería representa la cantidad de energía que puede almacenarse para generar trabajo útil. Su unidad es el kilovatio hora, siendo 1 kWh la energía requerida para proporcionar 1 kilovatio de potencia en el tiempo de 1 hora. Los kWh son a una batería lo que los galones de combustible a un depósito. Aunque técnicamente no es cierto, puesto que una batería cargada no se puede comparar al depósito de combustible. Los fabricantes recomiendan al usuario no emplear toda la capacidad de la batería con la finalidad de reducir la degradación debido a los continuos procesos de carga y descarga. La batería de un vehículo eléctrico no deberá cargarse al 100 % ni tampoco descargarse completamente. Un Renault ZOE (2020) tiene una batería de 54,66 kWh de capacidad. (Revista Km77, 2023)

Figura 9

Evolución de la capacidad de carga de la batería



Nota. Imagen tomada de Álvarez et al. (2022)

d. Tiempo de carga de baterías.

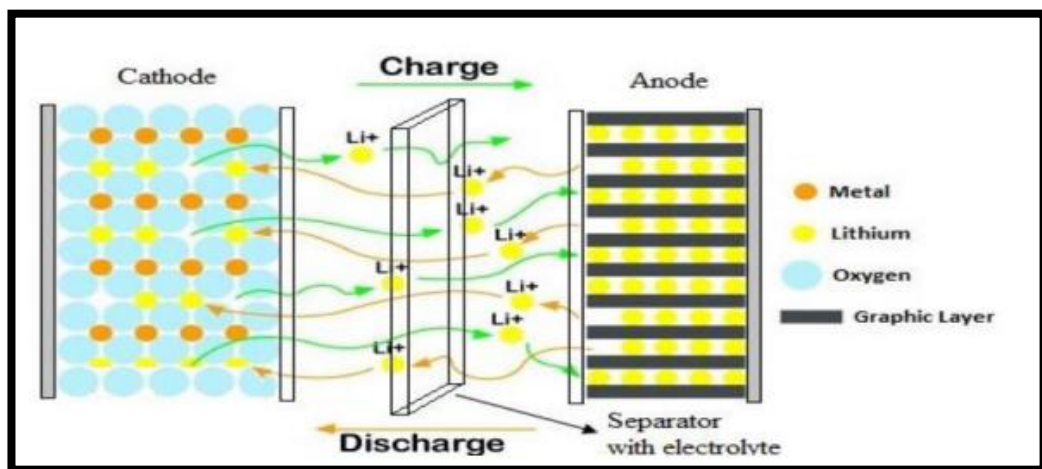
El tiempo del proceso de carga es igual a la capacidad de la batería dividida entre la capacidad del cargador. Por ejemplo, al dividir 45 Ah nos da como resultado el número 3. Lo cual significa que 3 son las horas necesarias para el proceso de carga de la batería al 100%. Cada batería posee una capacidad máxima de kW que puede almacenar. Este factor es indispensable conocer para comprender por qué unos

vehículos demoran más en cargarse. Una batería de mayor capacidad dura más tiempo y requiere menos recargas, pero una vez que se agote tardará mucho más tiempo en recargarse completamente. Los fabricantes de vehículos eléctricos trabajan para producir baterías más potentes, que permitan muchos kilómetros de autonomía al vehículo, sin incrementar su peso y tamaño. (Enchufesolar, 2023)

Mientras que la Potencia de carga, es la cantidad de energía que se puede introducir en la batería por unidad de tiempo. Dependerá de la conexión a la red eléctrica, del tipo de cargador y de las características del punto y modo de recarga. Por ejemplo, si la potencia de la red eléctrica es de 4,0 kW y la del punto de recarga y el cargador a bordo del vehículo es de 7,0 kW, la potencia de carga será de 4,0 kW, ya que es la potencia máxima entregable entre la casa, el cargador y el vehículo. (Enchufesolar, 2023)

Figura 10

Proceso de carga y descarga de la batería de iones de litio



Nota. Imagen tomada de Chacón (2021)

2.4.3 Tipos de baterías.

a. Baterías de Ion-Litio.

Las baterías de ion litio se componen de 2 electrodos un ánodo y un cátodo, los cuales se encuentran separados por un electrolito en el cual los iones de litio se

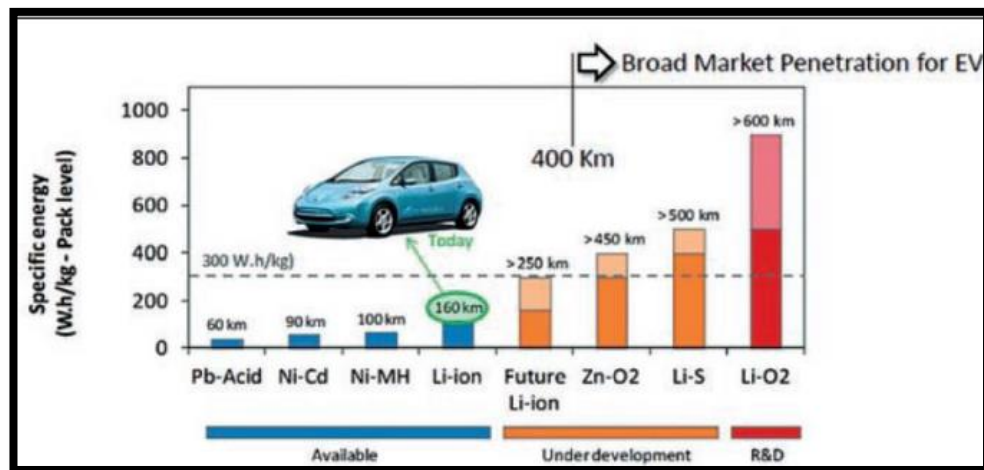
transfieren desde el cátodo al ánodo en el proceso de carga y que retroceden durante el proceso de descarga. (Chacón, 2021)

Las baterías Litio-aire presentan una autonomía de 400 km; y diversas investigaciones concluyen que, para realizarse un proceso de masificación para su uso, los vehículos deberán tener mínimo 400 km de autonomía. (Álvarez et. al., 2022)

Los BEV por lo general usan grandes paquetes de baterías para que el vehículo tenga una autonomía alta: un BEV estándar tiene una autonomía 160 a 250 km, aunque algunos BEV pueden alcanzar viajes de 400 km con una sola recarga. Un caso particular de estos vehículos es el Nissan Leaf, 100 % eléctrico y que dispone de una batería de 40 kWh, que le permite tener una autonomía cerca de 378 km. (Torres, 2018)

Figura 11

Tecnología de las baterías de iones de litio y su autonomía



Nota. Imagen tomada de Álvarez et al. (2022)

Durante el proceso de carga, la capacidad de almacenamiento se incrementa de forma progresiva manteniéndose la tensión de carga con un valor de corriente constante, también que cuando la tensión alcanza su valor máximo la intensidad de corriente se reduce de forma exponencial. Durante la descarga se mantiene una tensión y corriente de forma constante, presentándose un ligero descenso e

incremento de la tensión y corriente respectivamente, hasta que la capacidad de la celda es cercana al nivel mínimo permitido, este valor es prefijado por el mismo fabricante como tensión de fin de carga. (Chacón, 2021)

En una batería la principal fuente de iones de litio activos son el material del cátodo o electrodo positivo, es por ello que se debe incluir una gran cantidad de litio en este material que permita alcanzar una elevada capacidad en la batería. Los materiales que forman el cátodo presentan un proceso reversible que permite intercambiar el litio con ciertas modificaciones en la estructura y en sus propiedades, para el electrolito los materiales son iones de litio que cuentan con un elevado valor económico, pero presentan alta conductividad y de alto rendimiento. (Chacón, 2021)

Las baterías de óxido de litio y cobalto LiCoO_2 (LCO) presentan las siguientes características:

- Elevada energía específica.
- No se emplea cobalto, por su alto costo.
- Vida útil corta y posee capacidad de carga restringida.
- Necesita protección contra el calentamiento por aumento de temperatura.
- Densidad energética promedio de 90 - 100 Wh/kg. (Chacón, 2021)

En las baterías de óxido de litio y manganeso LiMn_2O_4 (LMO) se tienen las siguientes características:

- Presentan 33% menor capacidad que las de litio.
- Menores costos y producen menos toxicidad que la de litio.
- Presentan corrientes elevadas.
- Garantizan una mayor seguridad en relación a las baterías de litio.
- Densidad energética promedio de 200 - 220 Wh/kg. (Chacón, 2021)

Figura 12

Baterías de óxido de litio y manganeso $LiMn_2O_4$ (LMO)



Nota. Imagen tomada de FH Solar & lediberica (2022)

Para las baterías de fosfato de litio y hierro se tienen las siguientes características:

- Son fabricadas con materiales de fosfato en nano escala.
- Presentan alta vida útil.
- Tolera elevadas temperaturas, con lo cual no se dañan sus componentes.
- El material que emplea el cátodo, le permite mayor confiabilidad y seguridad.
- Densidad energética promedio de 120 Wh/kg. (Chacón, 2021)

Para las Baterías de óxido de litio, níquel, manganeso y cobalto $LiNiMnCoO_2$ se tienen las siguientes características:

- El material del cátodo le permite una elevada energía específica.
- Con la combinación del níquel y manganeso, se consigue una mayor eficiencia.
- Los costos de fabricación son mucho menores debido a los materiales que forman el cátodo.
- Presentan una gran demanda en los vehículos eléctricos.
- Densidad energética promedio de 200 a 250 Wh/kg. (Chacón, 2021)

Figura 13

Baterías de óxido de litio, níquel, manganeso y cobalto LiNiMnCoO_2



Nota. Imagen obtenida de FH Solar &lediberica (2022)

Para las Baterías de óxido de litio, níquel, cobalto y aluminio LiNiCoAlO_2 se tienen las siguientes características:

- Su fabricación resulta de mayor costo comparable a las de litio y manganeso.
- Alto valor de su energía específica y mayor vida útil.
- Es empleada en varios modelos de vehículos eléctricos.
- Densidad energética alta de 250-300 Wh/kg. (Chacón, 2021)

Figura 14

Baterías de óxido de litio, níquel, cobalto y aluminio



Nota. Imagen tomada de FH Solar &lediberica (2022)

Para las Titanato de litio $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ (LTO) se tienen las siguientes características;

- El empleo de nanomateriales de litio-titano incrementan la superficie del ánodo facilitando el flujo de iones y electrones.
- El novedoso material del ánodo incrementa su desempeño: alta profundidad de descarga, alta seguridad y mayor ciclos de carga.
- Elevada vida útil comparable con una batería de iones de litio.
- El precio es muy alto por los materiales.
- Densidad energética promedio de 60 Wh/kg. (Chacón, 2021)

b. Baterías de níquel – hidruro metálico.

Este tipo de baterías, cuenta con una aleación que acumula hidrogeno, se emplea para electrodos negativos en sustitucional cadmio. Presenta un mayor nivel de autodescarga en comparación a la batería de níquel-cadmio, se les emplea en vehículos híbridos, como el Toyota Prius (uno del mayor desempeño) y la segunda versión del GM EV1. En el Toyota RAV4 EV, se tiene una versión con batería de plomo-acido, y presenta modelos con batería de níquel e hidruro de metal. (Torres, 2018)

c. Baterías de níquel-cadmio.

Este tipo de baterías se empleó en los años 90, ya que presentaban una alta densidad de potencia, siendo menos empleadas, esto debido a que tienen un elevado efecto memoria, un bajo ciclo de vida útil, y que el cadmio es un muy costoso y muy contaminante. Por esto, las baterías de níquel-cadmio actualmente son sustituidas por baterías de níquel e hidruro de metal (NiMh). (Torres, 2018)

2.4.4 Consumo energético de las baterías.

El consumo de los VE se mide en términos de Wh/km o kW.h/100 km, mostrado en la Tabla 15. El consumo varía en función de la marca y el modelo, el mínimo consumo es obtenido con el modelo HYUNDAI IONIQ Electric, que alcanza 10 kW.h/100km y el mayor consumo se presenta en el Audi e-tron 55 quattro, con 24.65 kW.h/100km. El promedio de consumo de los VE listados es 16.8 kW.h/100km. (Álvarez et al., 2022)

Figura 15

Consumo energético de los vehículos eléctricos

Modelo	Capacidad de la Batería (kW.h)	Autonomía (km)	Consumo (W.h/km)	Consumo (kW.h/100km)
Audi e-tron 55 quattro	95	385.4	246.5	24.65
BMW I3	42.2	322.14	131	13.1
BYD e6	80	400	200	20
HYUNDAI IONIQ Electric	28	280	100	10
Jaguar I-PACE EV400	90	480	187.5	18.75
Nissan leaf VISIA	55.29	285	194	19.4
Nissan leaf ACENTA	55.62	270	206	20.6
Tesla Model S 60	60	375	160	16
Tesla Model S P100D Ludicrous	100	613	163.1	16.31
Tesla Model X P90D	90	467	192.7	19.27
Tesla Model 3 Long Range AWD	75	496	151.2	15.12
Renault ZOE	41	308.27	133	13.3
Volkswagen e-Golf	35.8	300	119.3	11.93
PROMEDIO	65.22	383.22	168.03	16.8

Fuente: Álvarez et. al. (2022)

2.4.5 Factores que afectan la autonomía.

Se detalla lo siguiente:

- La conducción en ambientes fríos requiere más energía: Debajo de 0°C, el consumo energético para calentar la sala de máquinas es casi igual al requerido para el accionamiento del vehículo a velocidades menores, por ejemplo, en la conducción dentro de una ciudad.
- Las carreteras con nieve incrementan el rozamiento de los neumáticos con la superficie y requieren un adicional de energía.
- La importancia del precalentamiento: Con un vehículo preconditionado, no se requiere el empleo de la energía de la batería para precalentar el vehículo antes de que iniciar su operación. (LEVC, 2021)
- Sobre los 25°C o 30°C se consideran condiciones de conducción cálida. Su principal efecto adverso en la autonomía es la necesidad de refrigerar el espacio donde se ubica los componentes motrices.

- Una mayor energía es requerida a velocidades bajas (conducción urbana) y para el enfriamiento del vehículo cuando se estaciona bajo el sol. El empleo de la climatización en el vehículo afecta bajando la autonomía. La batería de alta tensión requiere refrigeración adicional solo cuando el vehículo es conducido severamente. (LEVC, 2021)
- Es relevante planificar los viajes, comprender cuánta carga se emplea durante cada recorrido. ¿Cuánta carga requieres al comenzar el viaje, cuándo se debe detener en la primera recarga de batería? En el caso de un largo viaje y es necesario detener y recargar el vehículo, el cual puede ser rápido y eficaz detenerse 2 veces, la carga al 50-80%, en lugar de parar una sola vez y realizar la carga completa de la batería. Esto debido a que al 20% de capacidad de la batería, esta se carga más lentamente.
- La autonomía es mucho menos importante si se conduce en un entorno urbano con accesibilidad a muchos puntos de carga. Esto da la seguridad del suministro eléctrico. (LEVC, 2021)

2.5 Cadena de suministro.

2.5.1 Teoría de cadena de suministro.

Es una técnica de planeamiento, mediante la cual se planifica y sincronizan las actividades de una empresa o de un negocio, involucra sus diversas fuentes de suministro primario y secundario, pasando a través de la gestión del abastecimiento seguro o logística de ingreso, para engranar todas estas actividades a través de una eficiente gestión de almacenamiento o de uso directo tal como lo representa la energía. Las cadenas de suministro se planifican teniendo en cuenta dos puntos de vista de índole estratégico: la provisión eficiente y bajo costo. Las cadenas de suministro eficientes se diseñan para un alto rendimiento del flujo de proceso. Esto es de suma importancia en los casos en que el bajo costo, confiabilidad y disponibilidad de los servicios son prioridades de competencia para el desempeño de la empresa. En este aspecto el suministro de la energía como un bien transable debe ser confiable, de calidad sostenido y seguro. (Taboada, 2020)

Las decisiones para la red de una cadena de suministro bien diseñada se clasifican según lo siguiente:

- Papel que desarrollan las instalaciones: ¿Qué rol deberán desempeñar cada una de ellas? ¿Qué procesos se desarrollan en cada área de la empresa?
- Ubicación geográfica de las instalaciones: ¿Dónde se ubican las instalaciones?
- Determinación de la capacidad: ¿Cuál es la capacidad que se asigna a cada área de la instalación?
- Asignación del mercado y del suministro: ¿Qué mercados atienden a cada instalación? ¿Qué empresas abastecen a cada instalación? (León, 2020)

La Gestión de la Cadena de Suministro es comprendida en tres dimensiones: la operativa, la táctica y la estratégica. La dimensión operativa está relacionada a la decisión del corto plazo y se orienta a tareas operativas en el proceso de la instalación tal como el almacenamiento, producción o distribución, esta dimensión no necesita de gran capacidad de toma de decisión, pero si es importante su participación en la operación y producción. La dimensión táctica esta referida a la toma de decisiones de corto plazo que incluyen los procesos con actividades y se interrelacionan entre todas las áreas y organizaciones horizontalmente, estas decisiones tienen en cuenta el lanzamiento de nuevos productos o servicios. (Altez, 2017)

La dimensión estratégica representa un medio para alcanzar ventajas competitivas. La ventaja competitiva, radica en que las organizaciones se orientan de forma estratégica, ya sea por sus acciones conjuntas estratégicamente, beneficiándose las partes y sobre todo la cadena de suministro. Las etapas de una cadena de suministro deberán ser gestionadas estratégicamente; a través de un suministro estratégico por ejemplo energía eléctrica segura, oportuna y de calidad con un suministro eficiente y oportuno. (Altez, 2017)

En Noruega la cadena de suministro eléctrica para la electromovilidad se encuentra basada en la producción de energía eléctrica renovable en un 98% y lo restante por energía no renovable provista por empresas de distribución o minoristas a estaciones de recarga del país, este eslabón de la cadena se les conoce como

operadores de punto de recarga. El gobierno ha sido un ente bastante activo en políticas públicas en fomento de compras de vehículos eléctricos tanto del gobierno central como de parte de los gobiernos municipales desde inicios de los años 90, comenzando con el primer incentivo de cero impuestos para el registro de dichos vehículos. (Espinoza et al., 2022)

2.5.2 Electrolineras.

a. Generalidades.

Una estación de carga eléctrica, conocida con el nombre de electrolinera en España, es un punto de suministro desde donde se suministra energía eléctrica para algún tipo de recarga para las baterías de los vehículos eléctricos, desde los vehículos híbridos enchufables PHEV hasta BEV, mediante procedimientos de gestión según un determinado periodo de tiempo según el tipo de infraestructura de carga y capacidad de la batería. Las tarifas de carga son normados o reguladas por las entidades estatales. Los diseños de mayor capacidad de puntos de recarga incluyen zonas de parqueo y carga, el PARVE es un diseño de parqueo abierto con unidades de carga aptas para vehículos reconvertidos tecnológicamente. En la actualidad el desarrollo tecnológico de estas instalaciones contiene dos aspectos diferentes: los sistemas de recarga de baterías y el de cambio de batería. (Cuno, 2020).

La infraestructura civil electromecánica de recarga es conformada por un conjunto de componentes físicos y lógicos, empleados en la recarga de los automóviles eléctricos que tengan requisitos de seguridad y disponibilidad solicitados en cada caso, con capacidad para prestar el servicio de recarga completa e integral. Incluye las estaciones de recarga, el sistema de gestión, instalaciones eléctricas, los tableros eléctricos de control y protecciones y los sistemas de medición, cuando sean necesarios para la recarga del vehículo. (Cuno, 2020)

Las estaciones de recarga para uso público suelen ser del tipo auto-servicio. Para el pago de la energía consumida en el proceso de carga de las baterías se han desarrollado diversas soluciones Informaticas en que los usuarios se identifican ante un sistema smart para el pago. En algunas ocasiones es necesario la identificación de los vehículos con una etiqueta RFID que es leído por el sistema antes de

realizarse la recarga. El sistema de Tesla Motors, es un súper cargador, se brinda de forma gratuita en los Model S y X. (Torres, 2018)

Actualmente existen distintos tipos de estaciones de recarga, dependiendo de los lugares donde se efectúa la recarga, pudiendo ser lugares en la vía pública, una electrolinera o en los garajes públicos o privados, esta infraestructura de recarga posee características que se detallan:

Fecha de construcción de la estación de carga.

Tensión asignada (V),

Frecuencia de carga (Hz).

Intensidad o corriente de operación. (Erazo, 2016)

En el Perú el D.S N° 022-2020-EM prueba disposiciones referente a la infraestructura de carga y suministro de energía eléctrica para la electromovilidad.

Para el régimen del servicio de carga de baterías se tiene en cuenta lo siguiente:

- Pueden realizar el servicio de carga de baterías las personas naturales o jurídicas que demuestren que la infraestructura de carga tiene los requisitos técnicos y de seguridad normados vigentes.
- La infraestructura de carga esta acoplada a las redes eléctricas y garantiza su operabilidad, cumpliendo los requisitos técnicos y de seguridad vigentes.
- El servicio de carga de baterías puede ser prestado como un servicio adicional dentro de los establecimientos de venta al público de combustibles, estaciones de servicio y establecimientos de venta de gas natural vehicular por medio de la infraestructura de carga que cumplan los requisitos técnicos y de seguridad vigentes establecidos. (Gobierno del Perú. 2020)

b. Clasificación.

- Estaciones de recarga.

Una electrolinera, también llamada estación de carga de vehículos eléctricos, es simplemente un sistema que proporciona energía eléctrica para cargar las baterías de los vehículos enchufables, sean eléctricos o híbridos, sean coches, camiones, autobuses o motocicletas, sean compartidos o particulares. Este

tipo de estaciones suelen ubicarse dentro de espacios públicos, calles, o en centros comerciales, por lo general en zonas de parqueo. (Iberdrola, 2023)

Este tipo de puntos de carga irán incrementándose para dar sostenibilidad a las rutas ya sea urbanas e interregionales para un seguro y confiable desplazamiento de los vehículos eléctricos. Mientras que los gasocentros requerían de depósitos en el subsuelo para los galones de combustible, empleando sistemas de trasvase desde donde se bombea los combustibles, las electrolinerías solo requieren de una infraestructura eléctrica segura, confiable y de calidad para la recarga del vehículo. (Iberdrola, 2023)

Figura 16

Estación de recarga de energía eléctrica



Nota. Imagen tomada de Iberdrola (2023)

- Estaciones robotizadas.

Las estaciones robotizadas son estaciones de servicio en la cual los vehículos eléctricos pueden cambiar las baterías. La finalidad es que el conductor no requiera bajar del vehículo para el cambio, y todo el proceso de cambio es de menor al tiempo realizado de forma manual. En la actualidad las baterías de carga rápida tardan al menos una hora para su recarga total. Estas estaciones pretenden completar las necesidades de suministro de los vehículos eléctricos para largas travesías. (Cuno, 2020)

Estas estaciones robotizadas cambian enteramente la batería del vehículo por otra batería cargada. El proceso consta en ingresar a un riel tipo lavado de autos que nos sitúa dentro de un mecanismo automático que extrae la batería desde su alojamiento por debajo del vehículo y luego instala la nueva batería de forma correcta, saliendo luego el auto por una rampa. El cliente continúa realizando su viaje conociendo a tiempo real la autonomía del vehículo. La estación conecta a la red la batería descargada para volverla a la cargar de electricidad y ponerla a disposición para el siguiente cliente. (Cuno, 2020)

En este tipo de operación no existe flujo de corriente eléctrica hacia el vehículo. Dentro de sus diseños más novedosos es instalar la infraestructura de cambio automático de baterías bajo tierra, dejando la superficie exclusivamente para el acceso y maniobrabilidad de los vehículos. La estación puede almacenar cerca de 12 baterías, pero requiere de una potente conexión eléctrica y su infraestructura de manera que pudiese cargar dicha cantidad de baterías en una hora. (Cuno, 2020)

c. Estaciones de carga con sistemas fotovoltaicos.

La energía del sol es aprovechada a través de la radiación incidente en forma de luz o haz de fotones que interactúan con la atmósfera y sobre la superficie terrestre, dicha energía es aprovechada por distintos sistemas que pueden ser de forma directa a través de conversión fotovoltaica en paneles solares fotovoltaicos. Los paneles solares son dispositivos tecnológicos que aprovechan la radiación solar incidente para convertirla directamente en trabajo, convirtiéndola en electricidad, es decir la energía eléctrica que es absorbida es reutilizada a tiempo real para las baterías en las electrolineras; las centrales solares empleadas para estos fines pueden estar aisladas o autónomas o estar conectadas a la red externa eléctrica principal, en la siguiente figura se presenta una electrolinera de uso público abastecido con paneles solares. (Espinoza, 2021)

Figura 17

Estación de recarga de energía eléctrica con sistemas FV



Nota. Imagen tomada del Periódico digital (2023)

Los paneles solares los elementos esenciales, se encargan de captar la radiación solar que se presenta en forma de fotones. Esto conlleva a contar con una infraestructura compuesto por paneles solares. Los paneles solares tienen valores de voltaje que varía desde 6V, 12V a 24V. La potencia que suministra una sola célula de un panel solar varía entre 1 a 2 watts, por lo cual es necesario asociar un conjunto de células con la finalidad de conseguir una determinada potencia, conectándose entre si, obteniéndose diversas arquitecturas de configuraciones de sistemas fotovoltaicos. Tenemos las siguientes conexiones:

Conexión en serie: Cuando se conectan las células de los paneles fotovoltaicos en serie incrementamos la tensión, manteniéndose constante la corriente.

Conexión en paralelo: Permite incrementar la corriente, manteniendo constante la tensión de todo conjunto. (Erazo, 2016)

2.5.3 Tipos de recarga.

Una infraestructura de recarga para VE está conformada por estaciones o puntos de recarga, sistemas de control, canalizaciones eléctricas, cuadros eléctricos de mando y protección, equipos de medida, siempre que estos elementos estén destinados únicamente la recarga de los VE. Esta infraestructura debe ofrecer el servicio de recarga con total seguridad, ya sea recargas totales o parciales. (Huilca, 2020)

2.5.5 Modos de carga.

Además de la autonomía, otro aspecto importante es la duración y características del proceso de recarga de las baterías. Para que los BEVs se impongan definitivamente, será necesario que los usuarios puedan recargar sus vehículos de manera rápida y sencilla. Para ello, será imprescindible el despliegue de la infraestructura que lo permita. Esto implica facilitar la recarga en las viviendas, en la vía pública, y la creación de Estaciones de Carga Eléctrica que faciliten cargas rápidas durante los desplazamientos largos. (Torres, 2018)

- Modo 1 (Carga lenta). Este es un modo de recarga de tipo doméstico o residencial, posee una intensidad máxima de 16 A, y utiliza una toma de corriente estándar, puede ser monofásico o trifásico, con fase, neutro y conductores de puesta a tierra de protección. (Torres, 2018)

Es el modo de recarga de mayor uso en los vehículos eléctricos, su presentación es sencilla y accesible asemejándose a cualquier enchufe “doméstico” del tipo Schuko. Este tipo de recarga se realiza con corriente alterna monofásica a 230 V, 16 A y con 3,6 kW de potencia máxima. Es ideal para cargas nocturnas principalmente para horas de madrugada, periodos de tiempo en la cual se reduce la demanda del sistema eléctrico. El tiempo de recarga oscila entre 5-8 horas, dependiendo del tipo de batería. Presenta una variante con corriente alterna trifásica a 400 V y 16 A, hasta 11 kW de potencia, para cargas completas entre 2 a 3 horas. (Diez, 2019)

- Modo 2 (Carga semi-rápida). Este modo puede ser empleadas en los domicilios o en ambientes públicos. Su intensidad máxima definida es de 32 A, y emplea tomas de corriente estandarizadas con fase, neutro y conductores de puesta a tierra de protección. (Torres, 2018)

Es de menor uso con respecto a la carga lenta. Se emplea en zonas públicas, semipúblicas y privadas como garajes de flotas de transporte, centros comerciales, cines, etc. Se suministra energía por corriente monofásica de 230 V, 32 A y 8 a 14 kW de potencia, lo que permite un periodo de carga entre 1,5

a 3 horas. La rapidez de la carga es proporcional a la intensidad de corriente y a la potencia de la infraestructura de carga y a su vez es mayor su costo por la capacidad de los componentes eléctricos. Se requiere un control de temperatura e incluso de refrigeración para evitar el sobrecalentamiento, debido a que muchas baterías pueden combustionarse. Tienen una variante de carga con corriente alterna trifásica de 400 V, de hasta 63 A y de 22 a 43 kW, alcanzando tiempos de carga de 30 minutos. (Diez, 2019)

- Modo 3 (Carga rápida). Suministra una intensidad de 32 a 250 A. Requiere el empleo de un BEV Supply Equipment (EVSE), el cual es un sistema de alimentación sofisticado para la recarga de vehículos eléctricos. Estos dispositivos proporcionan la comunicación a los vehículos, monitorizando la carga, e incorporando sistemas de protección y cortando el suministro de energía cuando no se detecta la conexión con el vehículo. (Torres, 2018)

Este tipo de recarga se encuentran en estaciones de servicios públicos. Es un sistema de recarga de muy alta potencia con corriente continua de 600 V, 400 A alcanzando potencia de hasta 240 kW. Este tipo de recarga permite la carga de hasta 80 % de una batería en un tiempo de 5 a 30 minutos. Se presentan versiones de corriente alterna, 500 V, 250 A y 220 kW con periodos de recarga de hasta 10 minutos para 80 % su capacidad. (Diez, 2019)

- Modo 4 (Carga ultra-rápida). Publicado según la IEC-62196-3, define una conexión directa del BEV a la red eléctrica en corriente directa con una corriente de hasta 400 A y hasta 1 000 V, con una potencia de recarga máxima de 400 kW. Este modo de carga necesita un cargador externo, que permite la comunicación entre el vehículo y el punto de carga, así como sistemas de protección y control. (Torres, 2018)

2.5.6 Normatividad de una estación de carga.

De acuerdo al Código Nacional de Electricidad –Utilización en las redes de servicio público de baja tensión se utilizan los niveles de tensión recomendados de 380/220 V trifásico de 4 hilos con neutro efectivamente puesto a tierra. Además especifica que la alimentación en baja tensión desde las redes de servicio público de

electricidad a instalaciones de carácter público o privado, para cualquier tipo de uso ya sea residencial, comercial, industrial u otro, debe ser trifásico de 380/220 V-3 hilos (para los sistemas aislados es de 220 V) (Gobierno del Perú, 2014)

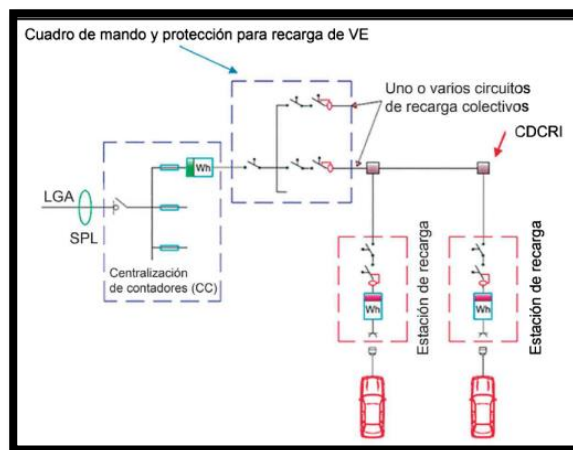
Además, en la sección 440-CNE (sistema para carga vehículos eléctricos) establece los requisitos necesarios para la instalación de conductores y equipamiento eléctrico externo, que conecta un vehículo eléctrico a una fuente de energía eléctrica, por medios conductivos o inductivos y a la instalación del equipamiento y dispositivos relacionados con la carga de vehículos eléctricos. (Gobierno del Perú, 2014)

2.5.7 Esquemas de recarga.

Esquema 1a: esta configuración se caracteriza por ser una instalación colectiva troncal que cuenta con un contador principal al inicio de la instalación y con contadores secundarios en cada punto de recarga, de esta manera se monitorea los consumos en cada una de las estaciones de recarga, además de un control de toda la instalación. (Huillca, 2020)

Figura 18

Esquema 1a para la recarga de vehículos eléctricos



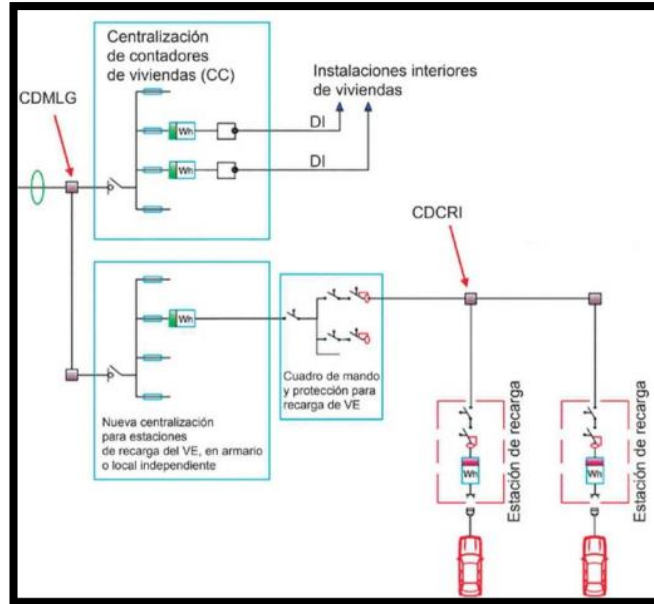
Nota. Imagen tomada de Huillca (2020)

Esquema 1b Este esquema esta referida a instalación publica troncal con contador principal al inicio de la instalación y contadores secundarios en los puntos de

recarga, se caracteriza por ser una derivación de la línea principal de alimentación. (Huillca, 2020)

Figura 19

Esquema 1b para la recarga de vehículos eléctricos

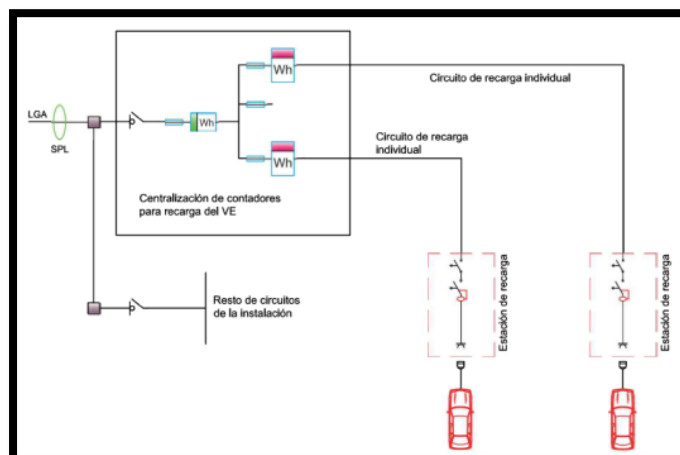


Nota. Imagen tomada de Huillca (2020)

Esquema 1c Es una instalación pública que posee un contador principal y contadores secundarios en cada punto de recarga. (Huillca, 2020)

Figura 20

Esquema 1c para la recarga de vehículos eléctricos



Nota. Imagen tomada de Huillca (2020)

2.5.6 Futuro de la recarga de vehículos eléctricos.

a. Recarga inalámbrica.

La recarga inalámbrica consta de una instalación en el subsuelo que permite la recarga mediante inducción de las baterías de un vehículo instalado encima y dotado de un elemento receptor, este último encargado de la gestión del proceso de modo automático y de informar al conductor cuando todo está listo, lográndose un sistema de mayor seguridad y comodidad. En el subsuelo se ubica una bobina, que es el emisor por el que fluye corriente eléctrica en una determinada frecuencia. Presentándose un campo electromagnético llegando hasta un elemento ubicado en la parte inferior del vehículo, donde también se cuenta con una bobina que recibe el campo magnético. Luego se produce la energía eléctrica, que pasa por un controlador de carga para el proceso de recargar. (Diez, 2019)

El proceso de recarga de un vehículo eléctrico empleando la recarga inductiva estática, no requiere de conectarlo mediante un cable, es una solución tecnológica que supone un avance de mucha importancia para la implementación de la electromovilidad. La transmisión de energía eléctrica por inducción se emplea actualmente en muchas aplicaciones de consumo. Uno de los casos más emblemáticos lo son los teléfonos inteligentes. El Nuevo ZOE, posee un cargador de inducción que permite a los usuarios la carga de sus smartphones compatibles con esta tecnología de carga inalámbrica. (Revista de coches eléctricos, 2022)

Esta tecnología de carga se basa en el principio de la inducción electromagnética: al fluir una corriente eléctrica a través de una bobina, creándose un campo magnético cuya acción genera otra corriente eléctrica en una segunda bobina, transfiriéndose la electricidad sin contacto físico. Las aplicaciones comunes para la carga por inducción requieren que el cargador y el dispositivo receptor de la energía eléctrica esté cerca uno del otro. Basta, con el aparcamiento del vehículo eléctrico con una bobina receptora instalada debajo la carrocería en una plaza de aparcamiento que contase con la bobina emisora integrada debajo del piso, para que el proceso de carga se realice automáticamente y sin la necesidad de cables. (Revista de coches eléctricos, 2022)

Figura 21

Recarga por Inducción



Nota. Imagen tomada de Ibáñez (2011)

b. Recarga inteligente bidireccional.

Una de las tecnologías más novedosas en el futuro más prometedoras para la electromovilidad es la recarga inteligente bidireccional. Se caracteriza porque el flujo de energía fluye desde la red al vehículo para realizar la recarga; y también en sentido contrario, del coche a la red, para el reabastecimiento de la misma infraestructura. Su función es: medioambiental por consumir electricidad con bajas emisiones de carbono; y económica ya que abarata los costes al hacer que la energía sea de mayor disponibilidad. (Revista de coches eléctricos, 2022)

La carga inteligente bidireccional, se caracteriza cuando vehículo eléctrico está conectado a una estación de carga pública o en el domicilio del usuario, la batería pasa a cargarse o descargarse en tiempo real para equilibrar la oferta y la demanda de energía eléctrica en la red principal. El vehículo se carga con electricidad procedente de RER, cuando la tasa de consumo de electricidad es baja. En caso contrario, si la demanda de energía es alta o la cantidad de electricidad generada por las RER es baja, el vehículo devuelve la energía a la red. (Revista de coches eléctricos, 2022)

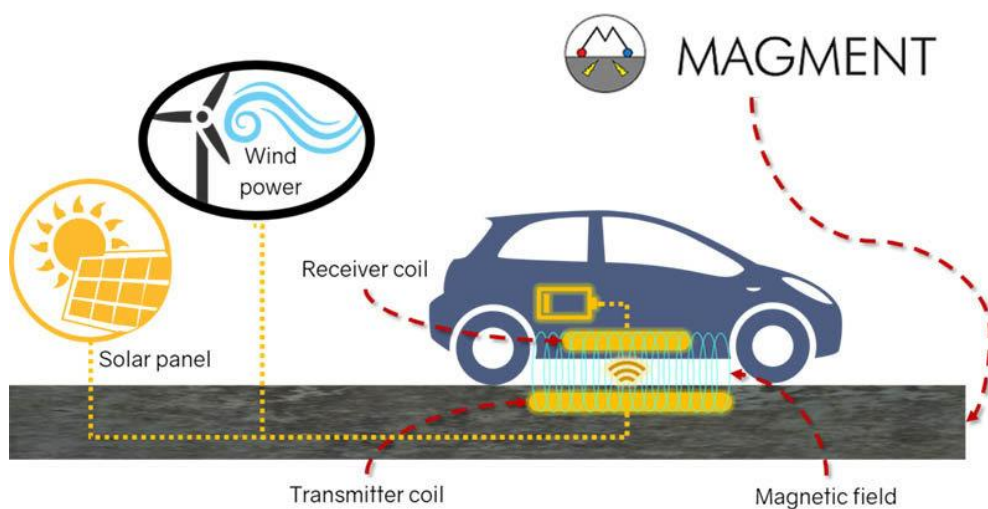
d. Recarga dinámica.

La empresa Magment, ha desarrollado un hormigón magnetizable que permite la recarga de un vehículo eléctrico de forma estática o dinámica, manteniendo las propiedades físicas requeridas para la circulación de vehículos. La empresa, con sede en Múnich, recibió el premio German Innovation Award 2018 por su alta robustez y eficiencia eléctrica. (García, 2018)

La capa de hormigón magnetizable incorpora en su interior partículas de ferrita recicladas que se derivan de residuos electrónicos. Actúa como una bobina eléctrica primaria, conductora, en la que se puede introducir una corriente eléctrica y generar un campo magnético que activara la bobina secundaria que se sitúa en el vehículo eléctrico que transita sobre la carretera. La capa superior, de hormigón convencional o de asfalto, protege al módulo eléctrico del desgaste y de las inclemencias del tiempo. (García, 2018)

Figura 22

Recarga dinámica



Nota. Imagen tomada de Revista de coches eléctricos (2022)

e. Aplicaciones móviles.

Es indudable que en las carreteras serán necesarios una multitud de puntos de recarga para la sostenibilidad de la cadena de suministro de los vehículos eléctricos, apostándose por un modelo más sostenible. En la actualidad en España existen cerca de 4 500 puntos de recarga. Con el objeto de la promoción de la recarga de

vehículos eléctricos se pueden localizar los puntos de recarga en un móvil solo con el simple gesto de descargar una aplicación de Google Play y en otros sistemas operativos. Este tipo de aplicaciones utiliza la geolocalización. (Diez, 2019)

Figura 23

Puntos de recarga inalámbrica en España



Nota. Imagen tomada de Automovite (2023)

III. MATERIAL Y MÉTODO.

3.1 Material

3.1.1 Información de vehículos eléctricos en el Perú.

Tabla 2

Número de puntos de recarga para BEV en el Perú

Lugar	N° de puntos	Ubicación	Carretera Panamericana
Lima	29	Urbano	Centro
Chiclayo	03	Urbano	Norte
Barranca	01	Urbano	Norte
Nuevo Chimbote	01	Urbano	Norte
Casma	01	Urbano	Norte
Pacasmayo	01	Urbano	Norte
Piura	01	Urbano	Norte
Contralmirante Villar	01	Urbano	Norte
Pisco	01	Urbano	Sur
Callao	01	Urbano	Centro

Nota. Información tomada de <https://www.electromaps.com/es/puntos-carga/peru>

Tabla 3

Estadísticas de ingreso de Tecnología motriz eléctrica al Perú

Año	Tecnología HEV Híbridos convencionales	Tecnología BEV Eléctricos puros	Tecnología PHEV Híbridos enchufables	Total
2022	1 474	75	89	1 638
2021	1 364	33	58	1 455
2020	450	26	8	484
2019	338	23	5	366
2018	155	18	2	175
2017	85	10	1	96
2016	9	2	0	11
Total				4 225

Nota. Información tomada de SUNARP y AAP (Asociación Automotriz Automotor)

3.1.2 Información relevante del ministerio de transporte y comunicaciones.

Figura N° 24

Mapa vial del Perú-Carretera Panamericana Norte



Nota. Imagen tomada de

https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/mapas_viales.html

En los anexos se detallan los mapas viales por departamento de la zona asociada a Carretera Panamericana Norte desde Lima a Tumbes.

3.1.3 Información relevante del Ministerio de energía y minas.

Figura 25

Mapa de red de transmisión del Perú-Zona Norte

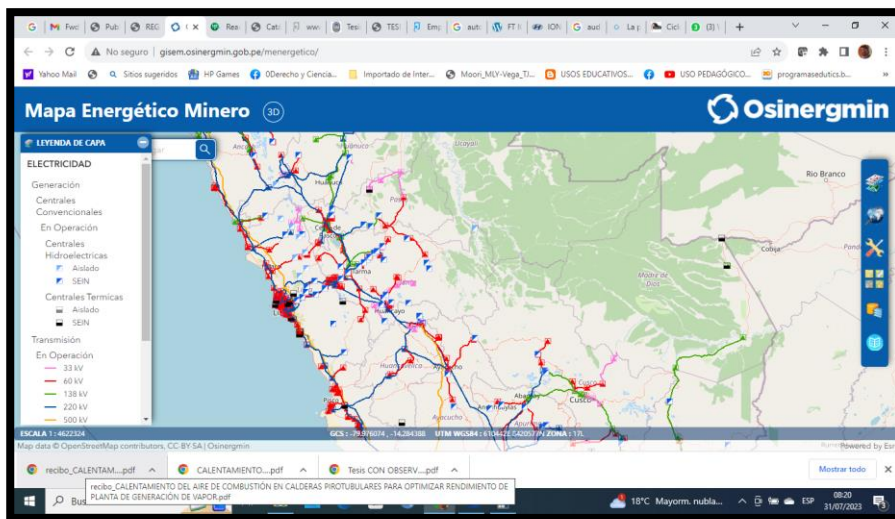


Nota. Imagen tomada de <https://www.isarep.com.pe/SitePages/NuestrasOperaciones.aspx>

En los anexos se detallan los mapas de red eléctrica por departamento de la zona asociada a Carretera Panamericana Norte desde Lima a Tumbes.

Figura 26

Entorno del Mapa minero energético del Perú



Nota. Imagen tomada de <http://gisem.osinergmin.gob.pe/menergetico/>

3.1.4 Ficha técnica de autos eléctricos mayor vendidos en el Perú.

a. Auto 1: IONIQ5 Hyundai.

Tabla 4

Especificaciones técnicas de IONIQ5 Hyundai

Características	Detalle
Modelo	IONIQ5 Hyundai
Tipo de motor	Motor Síncrono de Imán Permanente (PMSM)
Potencia máxima de motor eléctrico	160 kW
Torque máximo	350 Nm
Tipo de batería	Polímero de Ion-Litio
Capacidad de la batería	72,6 kW/h
Tipo de Enchufe Carga Rápida/Normal	DC Tipo 2
Tipo de cargador	Compatible con infraestructuras de 600 y 800 v
Dimensiones(mm)	4 635* 1 890 * 1 605
Peso bruto vehicular	2 430 kg
Autonomía	481 km
Cargador rápido DC hasta 350kW	18 minutos (del 10 % al 80%)
Cargador rápido DC hasta 100 kW	43 minutos (del 10 % al 80%)
Cargador rápido DC hasta 50kW	1 hora (del 10 % al 80%)
Carga semi-rápida AC trifásica (10.5kW)	6 h 50 minutos
Consumo	14,4 kWh /100 km

Fuente: Hyundai Perú (2023)

Figura 27

BEV Modelo IONIQ V Hyundai



Nota. Imagen tomada de Hyundai Perú.

b. Auto 2: Audi E-TRON.

Tabla 5

Especificaciones técnicas de Audi E-TRON

Características	Detalle
Modelo	Audi E-TRON- SUV
Tipo de motor	02 motores eléctricos (tracción 4)
Potencia máxima de motor eléctrico	300 kW
Torque máximo	664 Nm
Tipo de batería	Ion litio
Capacidad de la batería	95 kW/h
Tipo de Enchufe Carga Rápida/Normal	CCS
Dimensiones(mm)	4 901*1 935*1 616
Peso bruto vehicular	2 595 kg
Autonomía	400 km
Cargador residencial 3,5 kW/7,5 kW DC	21h/8h (1f)
Cargador rápido DC hasta 150kW	26 minutos (del 10 % al 80%)
Cargador rápido DC hasta 60 kW	50 minutos (del 10 % al 80%)
Consumo	25,6 kWh /100 km

Fuente: Audi Perú (2023)

Figura 28

BEV Modelo SUV Audi E-TRON



Nota. Imagen tomada de Audi Perú.

c. Auto 3: Toyota bZ4X.

Tabla 6

Especificaciones técnicas de Toyota bZ4X (Subaru Solterra)

Características	Detalle
Modelo	Toyota bZ4X- SUV
Tipo de motor	1×1XM AC imán permanente síncrono
Potencia máxima de motor eléctrico	150 kW (02)
Torque máximo	266 Nm
Tipo de batería	Ion litio PPES
Capacidad de la batería	71.4 kWh, 64 kWh usables, 355.2 V
Tipo de Enchufe Carga Rápida/Normal	CCS
Dimensiones(mm)	4 690*1 860*1 650
Peso bruto vehicular	2 020 kg
Autonomía	504 km
Cargador residencial 3,7 kW/7,4 kW DC	22 h/12 h
Cargador rápido DC hasta 150kW	22 minutos (10-80%)
Cargador rápido DC hasta 50 kW	1 h (10-80%)
Consumo	14,3 kWh /100 km

Fuente: <https://www.toyota.com/espanol/electrified-vehicles/> (2023)

Figura 29

BEV Modelo SUV Toyota bZ4X



Nota. Imagen tomada de <https://www.toyota.es/world-of-toyota/articles-news-events/cuanto-tarda-en-cargar-un-coche-electrico-toyota>

d. Auto 4: BMW iX1

Tabla 7

Especificaciones técnicas de BMW iX1

Características	Detalle
Modelo	BMW iX1- SUV
Tipo de motor	02 motores Síncronos BMW de 5ta generación
Potencia máxima de motor eléctrico	233,4 kW
Torque máximo	494 Nm
Tipo de batería	Ion litio
Capacidad de la batería	64,7 kWh
Tipo de Enchufe Carga Rápida/Normal	SOC
Dimensiones(mm)	4 500*1 845*1 616
Peso bruto vehicular	2 580
Autonomía	438 km
Cargador residencial 11 kW DC	6,5 horas
Cargador rápido DC hasta 130kW	29 minutos (10-80%)
Cargador rápido DC hasta 50 kW	55 minutos (10-80%)
Consumo	18,2 kWh/km

Fuente: Información tomada de <https://www.motorpasion.com/pruebas-de-coches/bmw-ix1-prueba-contacto>

(2023)

Figura 30

BEV Modelo SUV BMW iX1



Nota. Imagen tomada de <https://www.motorpasion.com/pruebas-de-coches/bmw-ix1-prueba-contacto>

e. Auto 5: Tesla Modelo S

Tabla 8

Especificaciones técnicas de Tesla S

Características	Detalle
Modelo	Tesla Modelo S (Sedan)
Tipo de motor	02 de imán permanente
Potencia máxima de motor eléctrico	750 kW
Torque máximo	1 424 Nm
Tipo de batería	Iones de litio usadas con 444 celdas Panasonic NCR18650B
Capacidad de la batería	100 kWh
Tipo de Enchufe Carga Rápida/Normal	Conector Tipo 2 IEC 62196
Dimensiones(mm)	4 976 * 1 963 * 1*435
Peso bruto vehicular	2 050 kg
Autonomía	600 km
Cargador residencial 2,3 kW DC	48 h
Cargador rápido DC hasta 250kW	17 minutos (10 a 80%)
Cargador rápido DC hasta 150kW	28 minutos (10 a 80%)
Cargador rápido DC hasta 50 kW	1 h 10 minutos (10 a 80%)
Consumo	18,1 kWh/100 km

Fuente: Información tomada de <https://www.carwow.es/tesla/model-s#gref>

(2023)

Figura 31

BEV Tesla S








Nota. Imagen tomada de <https://www.carwow.es/blog/autonomia-tiempo-carga-tesla-model-s#gref>

3.1.5 Ficha técnica de Infraestructura de carga.

Figura 32

Especificaciones técnicas de infraestructura de carga

Especificaciones por modelo

Modelos	CCS	CCS T2C32	CCS T2S32	CCS CHA T2S32	CCS CHA T2C32
Corriente máxima de entrada CA	76 A	108 A	108 A	108 A	108 A
Potencia aparente	53 kVA	75 kVA	75 kVA	75 kVA	75 kVA
Potencia máxima de salida	50 kW (@400 VCC)	DC: 50 kW (@400 VCC) AC: 22 kW	DC: 50 kW (@400 VCC) AC: 22 kW	DC: 50 kW (@400 VCC) AC: 22 kW	DC: 50 kW (@400 VCC) AC: 22 kW
Rango de tensión	CC: ver la siguiente tabla	CC: ver la siguiente tabla CA: 400 V	CC: ver la siguiente tabla CA: 400 V	CC: ver la siguiente tabla CA: 400 V	CC: ver la siguiente tabla CA: 400 V
Intensidad máxima de salida	CC: 125 A	CC: 125A CA: 32 A	CC: 125A CA: 32 A	CC: 125 A CA: 32 A	CC: 125 A CA: 32 A
Conexión	CCS 2 	CCS 2 Tipo 2 Cable 	CCS 2 Conector Tipo 2 (sistema de bloqueo) 	CCS 2 - JEVS G105 Socket Tipo 2 (sistema de bloqueo) 	CCS 2 - JEVS G105 Tipo 2 Cable 

Nota. Imagen tomada de <https://circontrol.com/datasheets/raption50-sp.pdf>

3.2 Método.

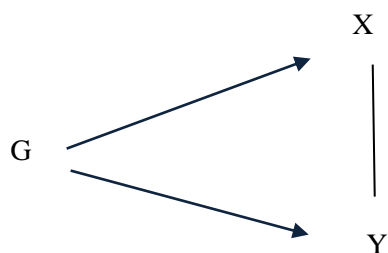
3.2.1 Metodología.

Método de la investigación.

La presente investigación es del tipo pre -experimental, de naturaleza descriptiva.

El diseño de la investigación es no experimental, es aquel que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Se basa fundamentalmente en la observación de fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para después analizarlos. Y de tipo longitudinal, porque se emplea cuando el interés del investigador es analizar cambios a través del tiempo en determinadas variables o en las relaciones entre estas. Recolectan datos a través del tiempo en puntos o períodos especificados, para hacer inferencias respecto al cambio, sus determinantes y consecuencias.

Figura 33
Diseño de investigación



Nota. Elaboración propia

Donde:

G: Auto Eléctrico BEV

X: Autonomía

Y: Determinación de puntos de suministro en la carretera Panamericana

3.2.2 Método de cálculo.

Se tiene en cuenta la siguiente secuencia

- a. Se determina la autonomía promedio de los autos BEV tomados como muestra.
- b. Se identifico los puntos de suministro de energía mediante electrolineras según su ubicación en la carretera Panamericana y disponibilidad de energía según un plan de expansión a mediano plazo.
- c. Se dimensiono las características tecnológicas de los puntos de suministro de energía eléctrica de las electrolineras en la Carretera Panamericana.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1 Determinación de la autonomía de autos eléctricos.

- Para el Auto 1. Consideración de carga entre 10-80% de batería con carga rápida.

Capacidad de batería 72.6 kWh

Capacidad de batería a1 80%:

$$\text{Capacidad de batería al 80\%} = 72,5 * 0,8 = 58,08 \text{ kWh}$$

Capacidad de batería a110%:

$$\text{Capacidad de batería al 10\%} = 72,5 * 0,1 = 7,25 \text{ kWh}$$

Capacidad efectiva:

$$\text{Capacidad efectiva de batería} = 58,08 - 7,25 = 50,82 \text{ kWh}$$

Consumo: 14,4 kWh/100 km.

Autonomía efectiva:

$$\text{Autonomía efectiva} = \frac{50,82 \text{ kWh}}{14,4 \frac{\text{kWh}}{100 \text{ km}}} = 3,53 * 100 = 353 \text{ km}$$

- Para el Auto 2. Consideración de carga entre 10-80% de batería con carga rápida.

Capacidad de batería 95 kWh

Capacidad de batería a1 80%:

$$\text{Capacidad de batería al 80\%} = 95 * 0,8 = 76 \text{ kWh}$$

Capacidad de batería a110%:

$$\text{Capacidad de batería al 10\%} = 95 * 0,1 = 9,5 \text{ kWh}$$

Capacidad efectiva:

$$\text{Capacidad efectiva de batería} = 76 - 9,5 = 66,5 \text{ kWh}$$

Consumo: 25,6 kWh/100 km.

Autonomía efectiva:

$$\text{Autonomía efectiva} = \frac{66,5 \text{ kWh}}{25,6 \frac{\text{kWh}}{100 \text{ km}}} = 2,6 * 100 = 260 \text{ km}$$

- Para el Auto 3. Consideración de carga entre 10-80% de batería con carga rápida.

Capacidad de batería 71,4 kWh

Capacidad de batería a1 80%:

$$\text{Capacidad de batería al 80\%} = 71,4 * 0,8 = 57,12 \text{ kWh}$$

Capacidad de batería a110%:

$$\text{Capacidad de batería al 10\%} = 71,4 * 0,1 = 7,14 \text{ kWh}$$

Capacidad efectiva:

$$\text{Capacidad efectiva de batería} = 57,12 - 7,14 = 49,98 \text{ kWh}$$

Consumo: 14,3 kWh/100 km.

Autonomía efectiva:

$$\text{Autonomía efectiva} = \frac{49,98 \text{ kWh}}{14,3 \frac{\text{kWh}}{100 \text{ km}}} = 3,50 * 100 = 350 \text{ km}$$

- Para el Auto 4. Consideración de carga entre 10-80% de batería con carga rápida.

Capacidad de batería 64,7 kWh

Capacidad de batería a1 80%:

$$\text{Capacidad de batería al 80\%} = 64,7 * 0,8 = 51,76 \text{ kWh}$$

Capacidad de batería a110%:

$$\text{Capacidad de batería al 10\%} = 64,7 * 0,1 = 6,47 \text{ kWh}$$

Capacidad efectiva:

$$\text{Capacidad efectiva de batería} = 51,76 - 6,47 = 45,29 \text{ kWh}$$

Consumo: 18,2 kWh/100 km.

Autonomía efectiva:

$$\text{Autonomia efectiva} = \frac{45,29 \text{ kWh}}{18,2 \frac{\text{kWh}}{100 \text{ km}}} = 2,5 * 100 = 250 \text{ km}$$

- Para el Auto 5. Consideración de carga entre 10-80% de batería con carga rápida.

Capacidad de batería 100 kWh

Capacidad de batería a1 80%:

$$\text{Capacidad de bateria al 80\%} = 100 * 0,8 = 80 \text{ kWh}$$

Capacidad de batería a110%:

$$\text{Capacidad de bateria al 10\%} = 100 * 0,1 = 10 \text{ kWh}$$

Capacidad efectiva:

$$\text{Capacidad efectiva de bateria} = 80 - 10 = 70 \text{ kWh}$$

Consumo: 18,1 kWh/100 km.

Autonomía efectiva:

$$\text{Autonomia efectiva} = \frac{70 \text{ kWh}}{18,1 \frac{\text{kWh}}{100 \text{ km}}} = 3,87 * 100 = 387 \text{ km}$$

Seguidamente se presenta la tabla resumen de las autonomías efectivas para un llenado de 80% a 50 % de la batería.

Tabla 9

Autonomías para 50% y 80 % de carga de batería

N° Auto	Capacidad (kWh)	Consumo (kWh/100 km)	Carga		Autonomía efectiva(km)	
			80%	50%	80%	50%
Auto 1	72,6	14,4	58,08	36,30	353	202
Auto 2	95	25,6	76,00	47,50	260	148
Auto 3	71,4	14,3	57,12	35,70	350	200
Auto 4	64,7	18,2	51,76	32,35	250	142
Auto 5	100	18,1	80,00	50,00	387	221

Nota. Elaboración propia.

4.2 Estimación de puntos de suministro.

Se determinan a través de las distancias entre las principales ciudades pertenecientes al corredor terrestre de la panamericana norte desde la ciudad de Lima a la ciudad de Tumbes.

Caso 1: Para autonomías de porcentaje de carga de 80% con un rango de distancia recorrida entre 387-250 km (según Tabla 9)

Se obtienen 11 tramos de recorrido entre ciudades que cumplen el rango. Y son las siguientes:

Tramo 1: Lima-Huarmey 290 km.

Tramo 2: Lima-Casma 360 km.

Tramo 3: Huacho-Chimbote 282 km.

Tramo 4: Barranca-Trujillo 368 km

Tramo 5: Huarmey-Trujillo 269 km.

Tramo 6: Huarmey-Pacasmayo 380 km.

Tramo 7: Casma- Pacasmayo 310 km.

Tramo 8: Chimbote-Chiclayo 339 km.

Tramo 9: Pacasmayo Piura 318 km.

Tramo 10: Chiclayo-Talara 363 km

Tramo 11: Piura-Tumbes 262 km

Además, teniendo en cuenta los puntos de partida de la ruta, se tiene un total de 10 ciudades que deben tener instalados electrolineras para dar cobertura a la cadena de suministro de energía eléctrica entre las ciudades. Estas son:

Lima, Huarmey, Casma, Chimbote, Trujillo, Pacasmayo, Chiclayo, Piura, Talara y Tumbes.

Se presenta la matriz de distancias entre ciudades con la ubicación de los tramos entre distancias que cumplen las condiciones del Caso 1.

Tabla 10

Matriz de distancias entre ciudades para Autonomía entre 387-250 km y 80 % de carga de batería

	Lima	Huacho	Barranca	Huarmey	Casma	Chimbote	Trujillo	Pacasmayo	Chiclayo	Piura	Talara	Tumbes
Lima		146	191	290	360	428	559	670	767	988	1130	1270
Huacho	146		45	144	214	282	413	524	621	842	984	1124
Barranca	191	45		99	169	237	368	479	576	797	939	1079
Huarmey	290	144	99		70	138	269	380	477	698	840	980
Casma	360	214	169	70		68	199	310	407	628	770	910
Chimbote	428	282	237	138	68		131	242	339	560	702	842
Trujillo	559	413	368	269	199	131		111	208	429	571	711
Pacasmayo	670	524	479	380	310	242	111		97	318	460	600
Chiclayo	767	621	576	477	407	339	208	97		221	363	503
Piura	988	842	797	698	628	560	429	318	221		142	282
Talara	1130	984	939	840	770	702	571	460	363	142		140
Tumbes	1270	1124	1079	980	910	942	711	600	503	282	140	

Nota. Elaboración propia.

Caso 2: Para autonomías de porcentaje de carga de 50% con un rango de distancia recorrida entre 221-142 km (según Tabla 9)

Se obtienen 9 tramos de recorrido entre ciudades que cumplen el rango. Y son las siguientes:

Tramo 1: Lima-Huacho 141 km.

Tramo 2: Lima-Barranca 191 km.

Tramo 3: Huacho-Huarmey 144 km.

Tramo 4: Huacho-Casma 214 km

Tramo 5: Barranca-Casma 169 km.

Tramo 6: Casma-Trujillo 199 km.

Tramo 7: Trujillo-Chiclayo 208 km.

Tramo 8: Chiclayo-Piura 221 km.

Tramo 9: Piura-Talara 142 km.

Además, teniendo en cuenta los puntos de partida de la ruta, se tiene un total de 10 ciudades que deben tener instalados electrolineras para dar cobertura a la cadena de suministro de energía eléctrica entre las ciudades. Estas son:

Lima, Huacho, Barranca, Huarmey, Casma, Trujillo, Chiclayo, Piura, Talara y Tumbes.

Se presenta la matriz de distancias entre ciudades con la ubicación de los tramos entre distancias que cumplen las condiciones del Caso 2.

Tabla 11

Matriz de distancias entre ciudades para Autonomía entre 221-142 km y 50 % de carga de batería

	Lima	Huacho	Barranca	Huarmey	Casma	Chimbote	Trujillo	Pacasmayo	Chiclayo	Piura	Talara	Tumbes
Lima		146	191	290	360	428	559	670	767	988	1130	1270
Huacho	146		45	144	214	282	413	524	621	842	984	1124
Barranca	191	45		99	169	237	368	479	576	797	939	1079
Huarmey	290	144	99		70	138	269	380	477	698	840	980
Casma	360	214	169	70		68	199	310	407	628	770	910
Chimbote	428	282	237	138	68		131	242	339	560	702	842
Trujillo	559	413	368	269	199	131		111	208	429	571	711
Pacasmayo	670	524	479	380	310	242	111		97	318	460	600
Chiclayo	767	621	576	477	407	339	208	97		221	363	503
Piura	988	842	797	698	628	560	429	318	221		142	282
Talara	1130	984	939	840	770	702	571	460	363	142		140
Tumbes	1270	1124	1079	980	910	942	711	600	503	282	140	

Nota.

Elaboración

propia

Seguidamente se presenta una tabla de cumplimiento de las ciudades seleccionadas para instalar electrolinera a lo largo de la carretera panamericana norte.

Tabla 12

Ciudades que cumplen las autonomías caso 1 y caso 2

Autonomía	387-250 km	221-142 km
Ciudad	Carga 80%	Carga 50%
Lima	X	X
Huacho		X
Barranca		X
Huarmey	X	X
Casma	X	X
Chimbote	X	
Trujillo	X	X
Pacasmayo	X	X
Chiclayo	X	X
Piura	X	X
Talara	X	X
Tumbes	X	X

Nota. Elaboración propia

4.3 Ubicación de los puntos de suministro de energía eléctrica.

Se tomo en cuenta las siguientes consideraciones:

- SED (Subestación eléctrica de distribución) ubicada en la carretera panamericana norte.
- Nivel de tensión del SED en Media tensión.
- Proximidad a red de transmisión.
- Antigüedad del SED.
- Antigüedad de la red.
- Cercanía a carretera principal a la ciudad de ubicación.
- Espacio para ubicación de electrolinera.
- Máxima demanda a instalar de 500 kW.

a. Lima:

- Coordenadas UTM.
-11.754428, -77.149927
- Especificaciones del Tramo en MT:

Código: 25897576

Empresa Distribuidora: Enel Distribución.

Tipo de red: Aérea 10,4 kV.

Longitud: 62 metros.

Fecha de puesta en servicio: 13/01/2015.

- SED 1.

Código: 21734701

Etiqueta SED: 13824A

Código del Sistema Eléctrico: SE 0005

Nombre del Sistema Eléctrico: Lima Norte.

- SED 2.

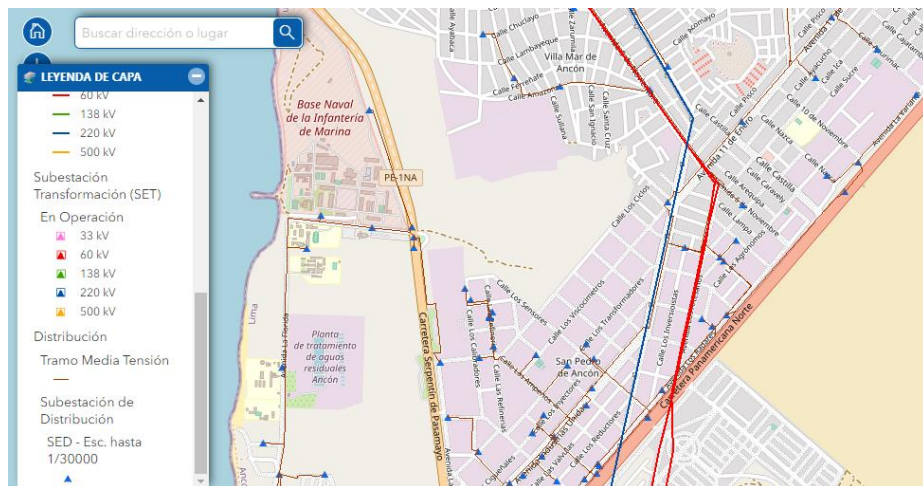
Código: 24101092.

Etiqueta SED: PM1229.

Código del Sistema Eléctrico: SE 0005.

Nombre del Sistema Eléctrico: Lima Norte.

Figura 34
Ubicación punto de suministro Lima.



Nota. Información tomada de <http://gisem.osinergmin.gob.pe/menergetico/#>

b. Huacho:

- Coordenadas UTM.

-11.075418, -77.583415

- Especificaciones del Tramo en MT:

Código: 31114037.

Empresa Distribuidora: Enel Distribución.

Tipo de red: Aérea 10,4 kV.

Longitud: 509 metros.

Fecha de puesta en servicio: 26/07/2017.

- SED 1.

Código: 31316081.

Etiqueta SED: 15708A.

Código del Sistema Eléctrico: SE 0261.

Nombre del Sistema Eléctrico: Huacho.

- SED 2.

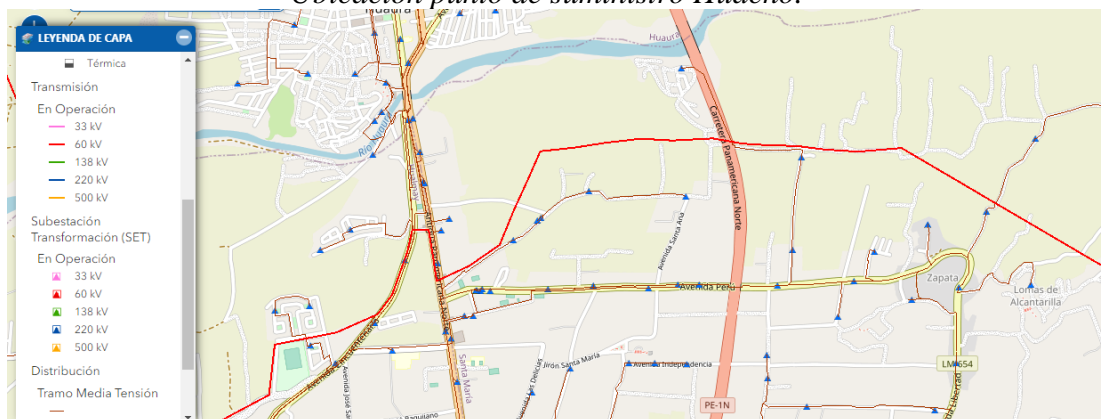
Código: 31316081.

Etiqueta SED: 15708A.

Código del Sistema Eléctrico: SE 0261.

Nombre del Sistema Eléctrico: Huacho.

Figura 35
Ubicación punto de suministro Huacho.



Nota. Información tomada de <http://gisem.osinergmin.gob.pe/menergetico/#>

c. Barranca:

- Coordenadas UTM.

-10.745903, -77.742858

- Especificaciones del Tramo en MT:

Código: PB-M000620

Empresa Distribuidora: Adinelsa.

Tipo de red: Aérea 10,4 kV.

Longitud: 105 metros.

Fecha de puesta en servicio: 01/10/2020.

- SED 1.

Código: PB-E00044

Etiqueta SED: PB-E00044

Código del Sistema Eléctrico: SE 0309.

Nombre del Sistema Eléctrico: SER Purmacana - Barranca

- SED 2.

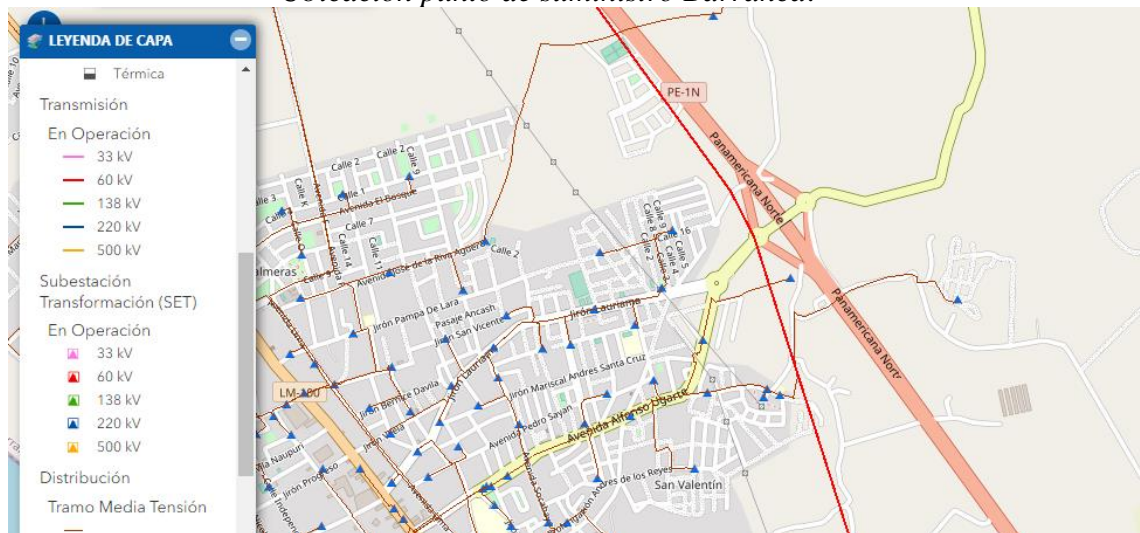
Código: 21839506

Etiqueta SED: PM0989

Código del Sistema Eléctrico: SE 0262.

Nombre del Sistema Eléctrico: Supe-Barranca.

Figura 36
Ubicación punto de suministro Barranca.



Nota. Información tomada de <http://gisem.osinergmin.gob.pe/menergetico/#>

d. Huarney:

- Coordenadas UTM.

-10.061727, -78.157263

- Especificaciones del Tramo en MT:

Código: 12992359

Empresa Distribuidora: Hidrandina.

Tipo de red: Aérea 10,4 kV.

Longitud: 62 metros.

Fecha de puesta en servicio: 19/02/2016.

- SED 1.

Código: 21346443

Etiqueta SED: HY7526

Código del Sistema Eléctrico: SE0121

Nombre del Sistema Eléctrico: Huarmey.

- SED 2.

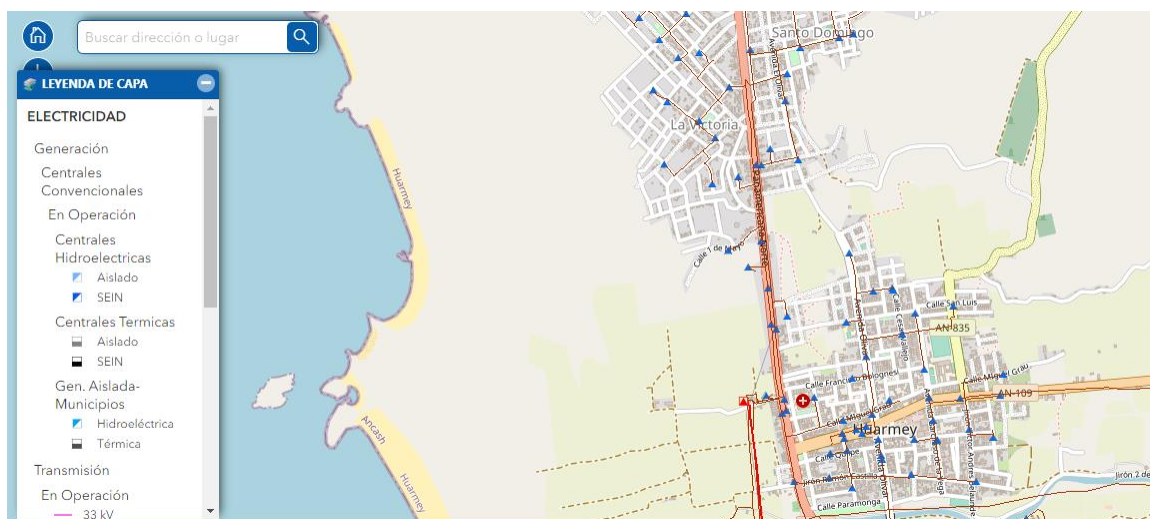
Código: 21361581

Etiqueta SED: HY1743

Código del Sistema Eléctrico: SE0121

Nombre del Sistema Eléctrico: Huarmey.

Figura 37
Ubicación punto de suministro Huarmey.



Nota. Información tomada de <http://gisem.osinergmin.gob.pe/menergetico/#>

e. Casma:

- Coordenadas UTM.

-9.460448, -78.329196

- Especificaciones del Tramo en MT:

Código: 11945844

Empresa Distribuidora: Hidrandina.

Tipo de red: Aérea 10,8 kV.

Longitud: 83 metros.

Fecha de puesta en servicio: 01/08/2006.

- SED 1.

Código: 21351403

Etiqueta SED: CS7320

Código del Sistema Eléctrico: SE1119

Nombre del Sistema Eléctrico: Casma.

- SED 2.

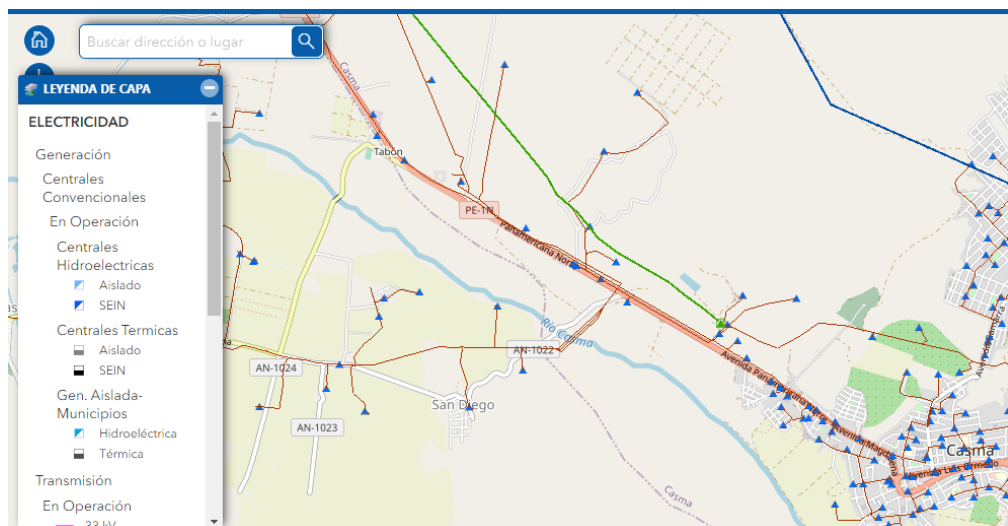
Código: 21358441

Etiqueta SED: CS1363

Código del Sistema Eléctrico: SE1119

Nombre del Sistema Eléctrico: Casma.

Figura 38
Ubicación punto de suministro Casma.



Nota. Información tomada de <http://gisem.osinergmin.gob.pe/menergetico/#>

f. Chimbote: (2 estaciones) Estación sur.

- Coordenadas UTM.

-9.137828, -78.521302 (Estación sur)

- Especificaciones del Tramo en MT:

Código: 12153277

Empresa Distribuidora: Hidrandina.

Tipo de red: Aérea 10,8 kV.

Longitud: 50 metros.

Fecha de puesta en servicio: 11/08/2014.

- SED 1.

Código: 21361697

Etiqueta SED: CH1807

Código del Sistema Eléctrico: SE0119

Nombre del Sistema Eléctrico: Chimbote.

- SED 2.

Código: 21361699

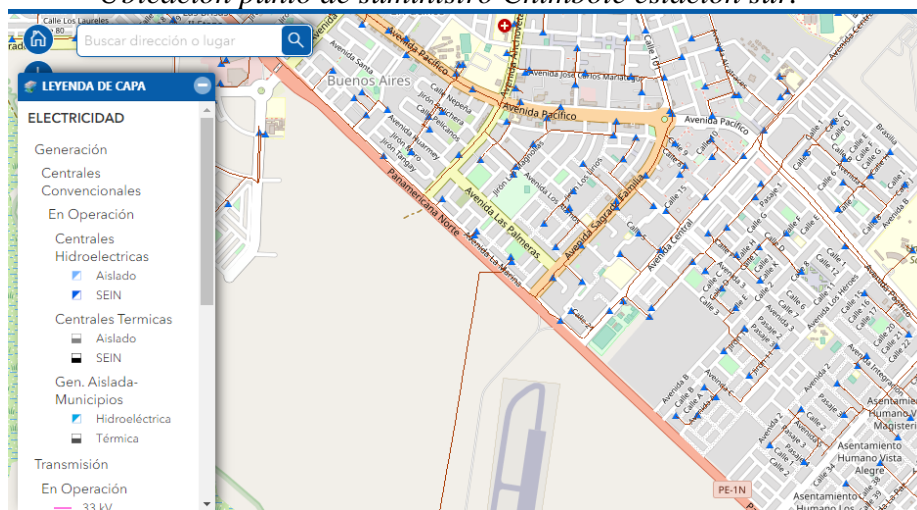
Etiqueta SED: CH1808

Código del Sistema Eléctrico: SE0119

Nombre del Sistema Eléctrico: Chimbote.

Figura 39

Ubicación punto de suministro Chimbote estación sur.



Nota. Información tomada de <http://gisem.osinergmin.gob.pe/menergetico/#>

Chimbote: (2 estaciones) Estación norte.

- Coordenadas UTM.

-9.057659, -78.590279 (Estación norte)

- Especificaciones del Tramo en MT:

Código: 12153964

Empresa Distribuidora: Hidrandina.

Tipo de red: Aérea 10,8 kV.

Longitud: 60 metros.

Fecha de puesta en servicio:08/09/2014.

- SED 1.

Código: 21347387

Etiqueta SED: CH0034

Código del Sistema Eléctrico: SE0119

Nombre del Sistema Eléctrico: Chimbote.

- SED 2.

Código: 21351713

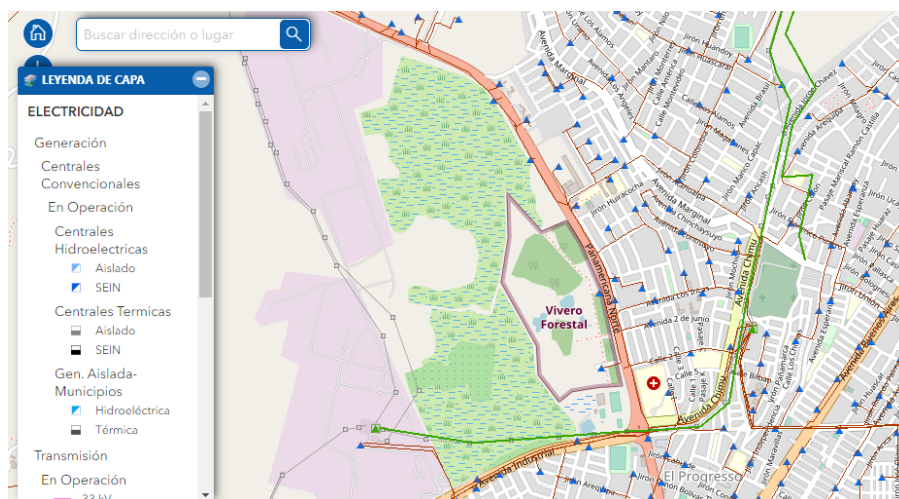
Etiqueta SED: CH0478

Código del Sistema Eléctrico: SE0119

Nombre del Sistema Eléctrico: Chimbote.

Figura 40

Ubicación punto de suministro Chimbote estación norte.



Nota. Información tomada de <http://gisem.osinergmin.gob.pe/menergetico/#>

g. Trujillo (Estación sur)

- Coordenadas UTM.

-8.138717, -79.015437 (Estación sur)

- Especificaciones del Tramo en MT:

Código: 11626765

Empresa Distribuidora: Hidrandina.

Tipo de red: Aérea 10,8 kV.

Longitud: 82 metros.

Fecha de puesta en servicio: 18/10/2006.

- SED 1.

Código: 21343103

Etiqueta SED: HI2385

Código del Sistema Eléctrico: SE0122

Nombre del Sistema Eléctrico: Trujillo.

- SED 2.

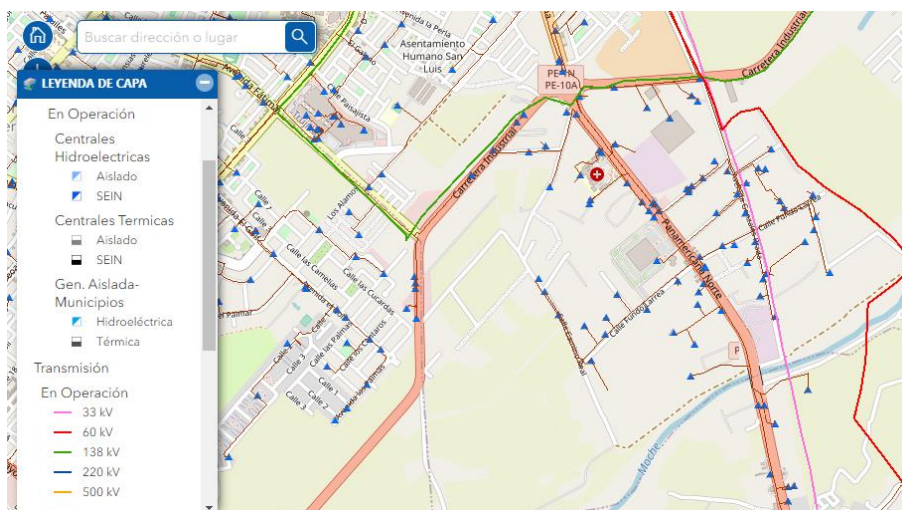
Código: 21338143

Etiqueta SED: HI0300

Código del Sistema Eléctrico: SE0122

Nombre del Sistema Eléctrico: Chimbote.

Figura 41
Ubicación punto de suministro Trujillo estación sur.



Nota. Información tomada de <http://gisem.osinergmin.gob.pe/menergetico/#>

Trujillo (Estación norte)

- Coordenadas UTM.

-8.004130, -79.071298 (Estación norte)

- Especificaciones del Tramo en MT:

Código: 11843878

Empresa Distribuidora: Hidrandina.

Tipo de red: Aérea 10,8 kV.

Longitud: 66 metros.

Fecha de puesta en servicio: 07/07/2014.

- SED 1.

Código: 21354593

Etiqueta SED: HI1491

Código del Sistema Eléctrico: SE0122

Nombre del Sistema Eléctrico: Trujillo.

- SED 2.

Código: 21338879

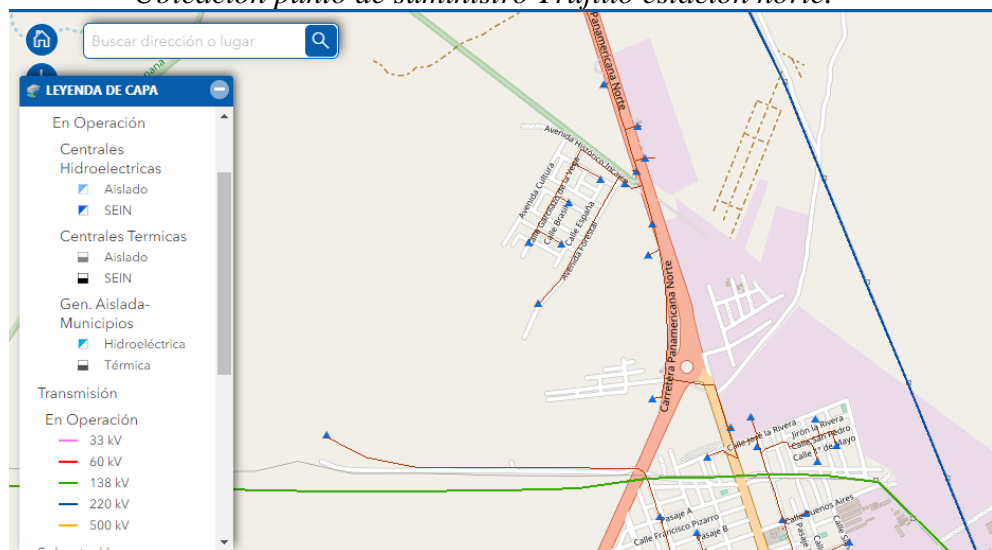
Etiqueta SED: HI2787

Código del Sistema Eléctrico: SE0122

Nombre del Sistema Eléctrico: Trujillo.

Figura 42

Ubicación punto de suministro Trujillo estación norte.



Nota. Información tomada de <http://gisem.osinergmin.gob.pe/menergetico/#>

h. Pacasmayo:

- Coordenadas UTM.

-7.411237, -79.553828

- Especificaciones del Tramo en MT:

Código: 12911136

Empresa Distribuidora: Hidrandina.

Tipo de red: Aérea 10,8 kV.

Longitud: 69 metros.

Fecha de puesta en servicio: 28/02/2014.

- SED 1.

Código: 21367107

Etiqueta SED: PA0901

Código del Sistema Eléctrico: SE0120

Nombre del Sistema Eléctrico: Guadalupe.

- SED 2.

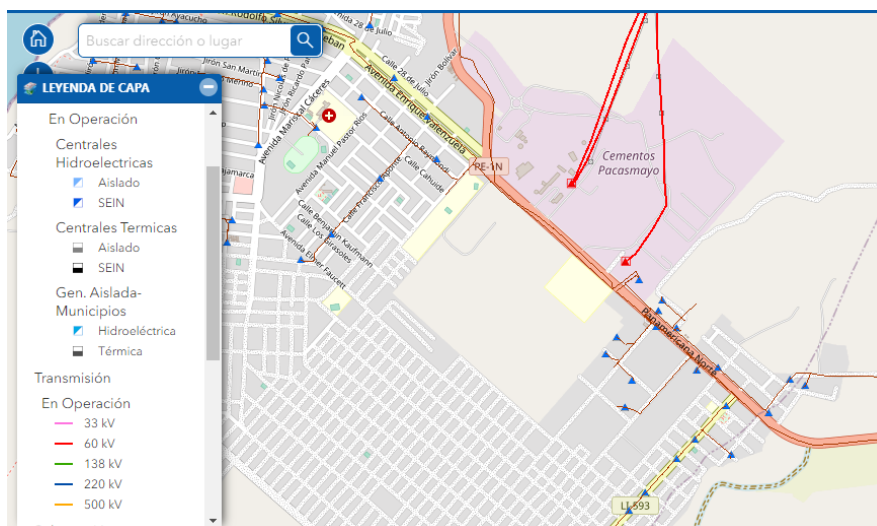
Código: 21366199

Etiqueta SED: PA7024

Código del Sistema Eléctrico: SE0120

Nombre del Sistema Eléctrico: Guadalupe.

Figura 43
Ubicación punto de suministro Pacasmayo.



Nota. Información tomada de <http://gisem.osinergmin.gob.pe/menergetico/#>

i. Chiclayo:

- Coordenadas UTM.

-6.813368, -79.830491 (Estación sur)

- Especificaciones del Tramo en MT:

Código: 6252825

Empresa Distribuidora: Electronorte.

Tipo de red: Aérea 10,8 kV.

Longitud: 75 metros.

Fecha de puesta en servicio: 31/12/2018.

- SED 1.

Código: 1533450

Etiqueta SED: EN5161

Código del Sistema Eléctrico: SE0094

Nombre del Sistema Eléctrico: Chiclayo.

- SED 2.

Código: 1534200

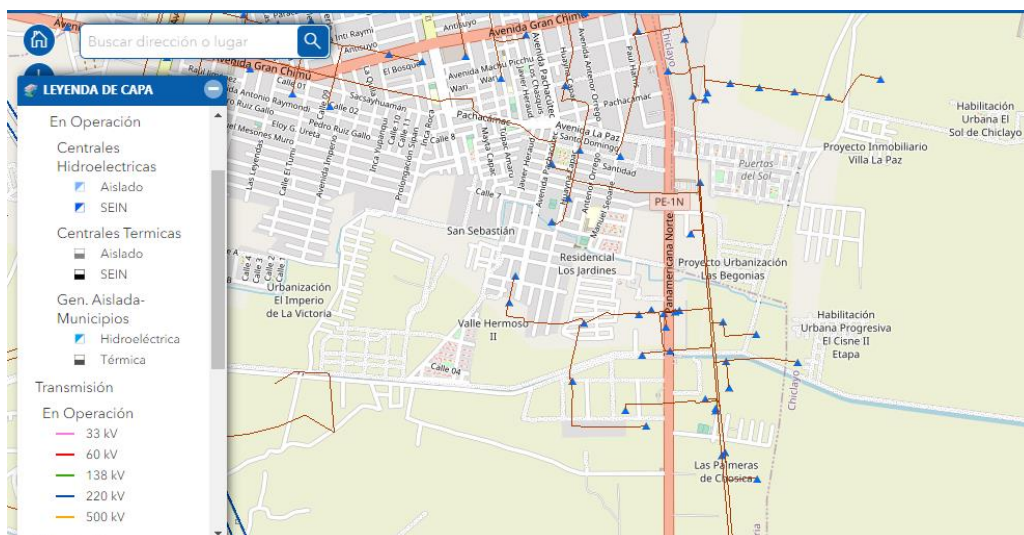
Etiqueta SED: EN5099

Código del Sistema Eléctrico: SE0094

Nombre del Sistema Eléctrico: Chiclayo.

Figura 44

Ubicación punto de suministro Chiclayo estación sur.



Nota. Información tomada de <http://gisem.osinergmin.gob.pe/menergetico/#>

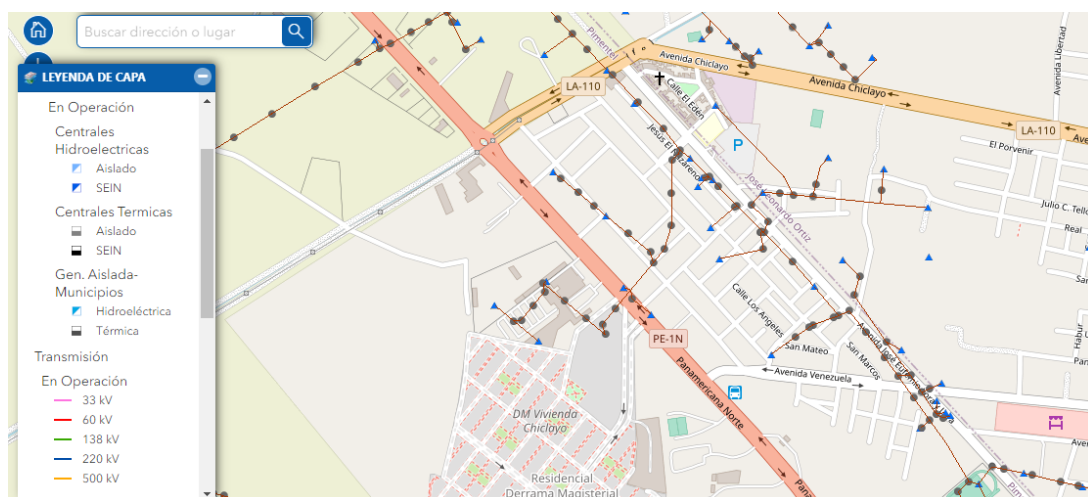
Chiclayo (Estación norte)

- Coordenadas UTM.

-6.748459, -79.870798 (Estación norte)

- Especificaciones del Tramo en MT:
Código: 1313961
Empresa Distribuidora: Electronorte.
Tipo de red: Aérea 10,8 kV.
Longitud: 60 metros.
Fecha de puesta en servicio: 15/04/2011.
- SED 1.
Código: 1535314
Etiqueta SED: EN3092
Código del Sistema Eléctrico: SE0094
Nombre del Sistema Eléctrico: Chiclayo.
- SED 2.
Código: 1535304
Etiqueta SED: EN3096
Código del Sistema Eléctrico: SE0094
Nombre del Sistema Eléctrico: Chiclayo.

Figura 45
Ubicación punto de suministro Chiclayo estación norte.

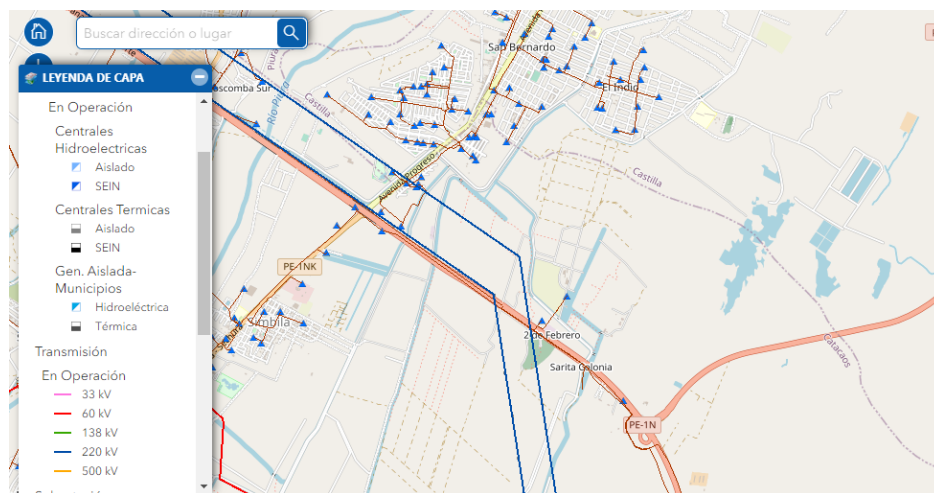


Nota. Información tomada de <http://gisem.osinergmin.gob.pe/menergetico/#>

- j. Piura (estación sur)
- Coordenadas UTM.
-6.813368, -79.830491 (Estación sur)

- Especificaciones del Tramo en MT:
Código: 6252825
Empresa Distribuidora: Electronoroeste.
Tipo de red: Aérea 10,8 kV.
Longitud: 81 metros.
Fecha de puesta en servicio: 09/03/2016.
- SED 1.
Código:1489145
Etiqueta SED: 826-06
Código del Sistema Eléctrico: SE1081
Nombre del Sistema Eléctrico: Catacaos.
- SED 2.
Código: 8094974
Etiqueta SED: 2549-07
Código del Sistema Eléctrico: SE1081
Nombre del Sistema Eléctrico: Catacaos.

Figura 46
Ubicación punto de suministro Piura estación sur.



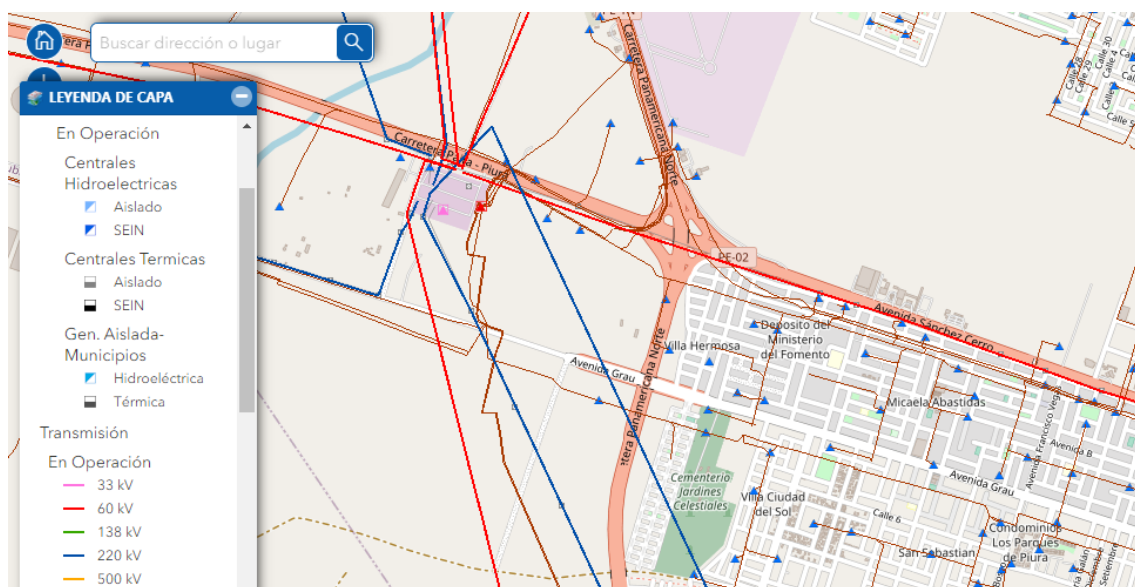
Nota. Información tomada de <http://gisem.osinergmin.gob.pe/menergetico/#>

Piura (Estación norte)

- Coordenadas UTM.
-5.173350, -80.691291 (Estación norte)

- Especificaciones del Tramo en MT:
Código: 162282
Empresa Distribuidora: Electronoroeste.
Tipo de red: Aérea 10,8 kV.
Longitud: 59 metros.
Fecha de puesta en servicio: 10/02/2016.
- SED 1.
Código: 1489071
Etiqueta SED: 773-87
Código del Sistema Eléctrico: SE0081
Nombre del Sistema Eléctrico: Piura.
- SED 2.
Código: 1489072
Etiqueta SED: 774-87
Código del Sistema Eléctrico: SE0081
Nombre del Sistema Eléctrico: Piura.

Figura 47
Ubicación punto de suministro Piura estación norte.



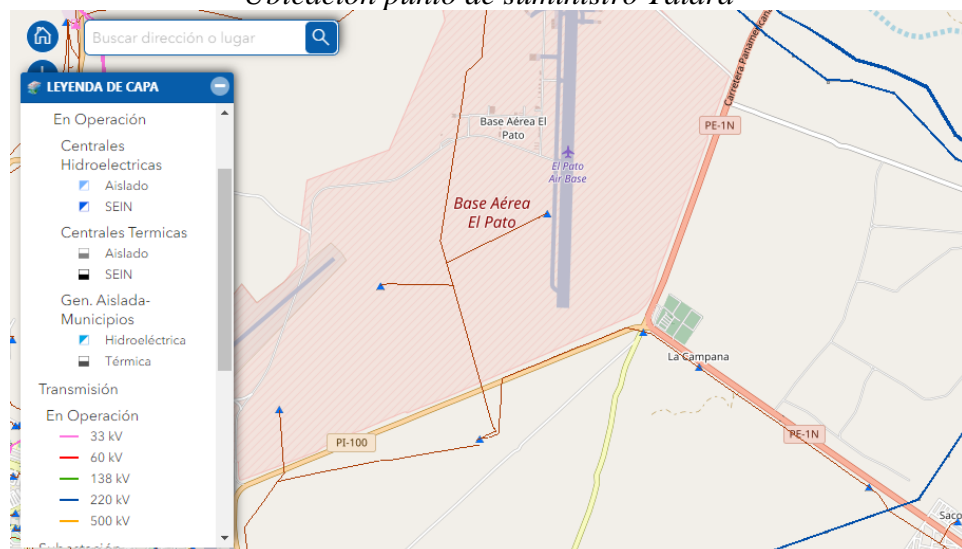
Nota. Información tomada de <http://gisem.osinergmin.gob.pe/menergetico/#>

- k. Talara:
- Coordenadas UTM.

-4.564709, -81.220227

- Especificaciones del Tramo en MT:
Código: 1859256
Empresa Distribuidora: Electronoroeste.
Tipo de red: Aérea 10,8 kV.
Longitud: 90 metros.
Fecha de puesta en servicio: 28/02/2006.
- SED 1.
Código: 1500177
Etiqueta SED: 175-42
Código del Sistema Eléctrico: SE0083
Nombre del Sistema Eléctrico: Talara.
- SED 2.
Código: 1501205
Etiqueta SED: 246-38
Código del Sistema Eléctrico: SE0083
Nombre del Sistema Eléctrico: Talara.

Figura 48
Ubicación punto de suministro Talara



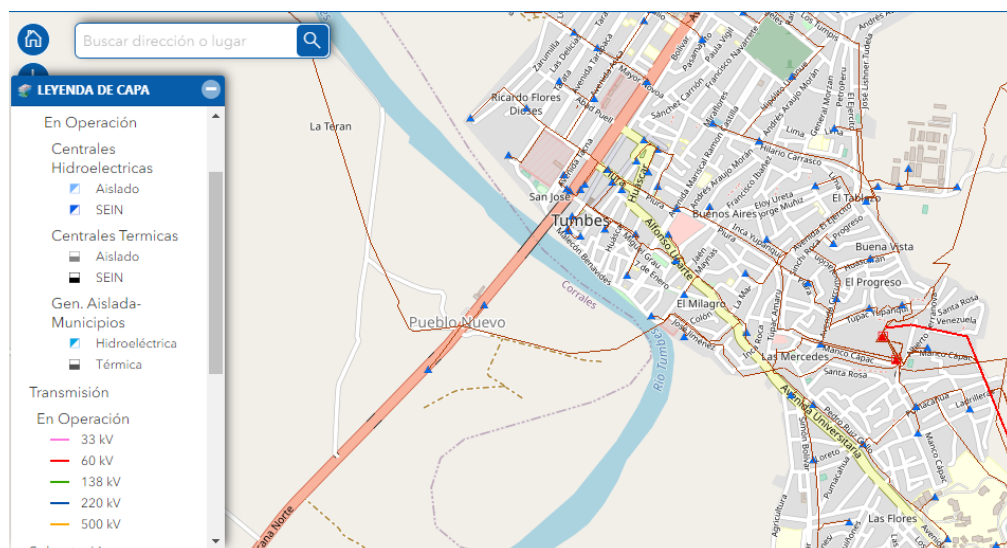
Nota. Información tomada de <http://gisem.osinergmin.gob.pe/menergetico/#>

1. Tumbes:
 - Coordenadas UTM.

-3.575143, -80.464441

- Especificaciones del Tramo en MT:
Código: 1846569
Empresa Distribuidora: Electronoroeste.
Tipo de red: Aérea 10,8 kV.
Longitud: 75 metros.
Fecha de puesta en servicio: 23/07/2009.
- SED 1.
Código:1500629
Etiqueta SED: 184-82
Código del Sistema Eléctrico: SE0084
Nombre del Sistema Eléctrico: Tumbes.
- SED 2.
Código: 1499436
Etiqueta SED: 212-82
Código del Sistema Eléctrico: SE0084
Nombre del Sistema Eléctrico: Tumbes.

Figura 49
Ubicación punto de suministro Tumbes



Nota. Información tomada de <http://gisem.osinergmin.gob.pe/menergetico/#>

4.4 Características tecnológicas de los puntos de suministro.

4.4.1 Determinación de la potencia de recarga.

Se presenta la matriz de recargas según los 5 autos tomados como muestra:

Tabla 13

Tiempo de recarga en minutos

Potencia de recarga (kW)	N° de Auto				
	1	2	3	4	5
350	18				
250					17
150		26	22		28
130				29	
100	43				
60		50			
50	60	(60)	60	55	65

Nota. Elaboración propia.

Según la tabla anterior se tiene que el 80% de los autos tienen una potencia de recarga de 50 kW en modo de carga rápida y el 60% de la muestra tienen una potencia de recarga de 150 kW en modo de carga super rápida.

Por lo tanto, se adapta como modelo standard una electrolinera de 50 kW de carga rápida que es el valor más común de equipos de recarga y de 150 kW de carga super rápida.

Se recomienda no afectar las redes de distribución en media tensión al instalar los cargadores y por otro lado el tiempo de recarga, toma un rol relevante, teniendo en cuenta el tiempo de espera (el cual oscila entre 65 a 22 minutos) y el número de vehículos que de forma simultanea emplearan la electrolinera, se opta por las siguientes combinaciones para una máxima demanda de 500, 400 y 300 kW.

Se presentan las siguientes combinaciones para las electrolineras:

Tabla 14

N° de surtidores por electrolinera para máxima demanda 500 kW

Potencia de recarga (kW)	N° de unidades		
50	4	1	7
150	2	3	1
Pot. Total (kW)	500	500	500

Nota. Elaboración propia.

Tabla 15

N° de surtidores por electrolinera para máxima demanda 400 kW

Potencia de recarga (kW)	N° de unidades		
50	5	2	8
150	1	2	0
Pot. Total (kW)	400	400	400

Nota. Elaboración propia.

Tabla 16

N° de surtidores por electrolinera para máxima demanda 300 kW

Potencia de recarga (kW)	N° de unidades		
50	3	6	0
150	1	0	2
Pot. Total (kW)	300	300	300

Nota. Elaboración propia.

4.4.2 Características de la estación de recarga según máxima demanda.

Se presentan las características de la estación de recarga o electrolinera de 500 kW.

- Previsión de la carga.

Se presenta la siguiente tabla de potencias para una configuración 50x4 + 150x2

Tabla 17

Máxima demanda para electrolinera 50x4 + 150x2

Componente	Unidad	Demanda
Cargadores 50 kW	4	200
Cargadores 150 kW	2	300
Área de servicio	1	10
Iluminación	1	2
Total		512

Nota. Elaboración propia.

Se sabe que el factor de potencia es igual a 0.956 (para evitar la penalización de energía reactiva inductiva) por lo cual la potencia aparente de la instalación es de 626.04 kW,

por lo que para no sobredimensionar la instalación se decide poner ese número de cargadores, para poder dotar a la instalación de más derivaciones como el área de servicio, o la iluminación exterior.

El transformador elegido es de 750 kVA, que nos aporta una potencia activa de 717 kW, y la potencia total de nuestra instalación es 512 kW, por lo que tenemos un margen de reserva 29 % para futuras ampliaciones en la instalación.

Se presenta las características técnicas del transformador.

Tabla 18
Características técnicas del transformador

Marca	Energitronic, sumergido en aceite (ONAN)
Potencia	750 kVA (para montaje hasta 5500 msnm)
Potencia nominal en MT/BT	Desde 2,3 a 33 kV/230, 398, 400,460 y 480 V
N° de terminales MT/BT	3,4/3,4,6,7,8
Grupo de conexión	Dyn5, Dyn11, Dd6, Dd0, Yd5, Yyn6
Frecuencia nominal	50-60 Hz
Normas de diseño	IEC 60076-01/ IEC PUB 76/ ANSI C57.12.00.
Material del aislador	Polimerico o porcelana
Fluido aislante	Aceite mineral (libre de PCB), Aceite vegetal FR3

Nota. Elaboración propia con información de Energitronic Perú.

La intensidad en el primario del transformador trifásico viene establecida por la ecuación siguiente:

$$I_{MT} = \frac{S}{\sqrt{3} * V_p}$$

$$I_{MT} = \frac{750}{\sqrt{3} * 10,8} = 40,43 A$$

Para la potencia de cortocircuito de la red de Media Tensión facilitada por la Compañía Suministradora (Zona de Distribución de Chimbote) = 90 MVA se tiene. La corriente de cortocircuito en el lado de MT viene definida por la ecuación:

$$I_{cc\ MT} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} * V_p}$$

$$I_{cc\ MT} = \frac{90\ 000}{\sqrt{3} * 10,8} = 4\ 852 = 4,85\ kA$$

La intensidad en el secundario del transformador trifásico viene establecida por la ecuación siguiente:

$$I_{BT} = \frac{S - P_{HE} - P_{CU}}{\sqrt{3} * V_s}$$

Donde:

P_{FE} son las pérdidas en el hierro (fabricante), las pérdidas en vacío es del orden 0,16% igual a 1,2.

P_{CU} son las pérdidas en el cobre(fabricante), las pérdidas de carga a 75°C es del orden 1,03% igual a 7,72

Para una tensión en el secundario de 380 voltios.

$$I_{MT} = \frac{750 - 1,2 - 7,72}{\sqrt{3} * 380} = 1\ 135\ A$$

La corriente de cortocircuito en el lado de Baja Tensión, o secundario del transformador, viene definida por la ecuación:

$$I_{cc\ BT} = \frac{100 * S}{\sqrt{3} * E_{cc} * V_s}$$

Donde:

E_{cc} está referida a la Tensión de cortocircuito del transformador (4% definida por el fabricante).

$$I_{cc\ BT} = \frac{100 * 750}{\sqrt{3} * 4 * 380} = 28,73\ A$$

- Instalación en baja tensión desde el interruptor del transformador al armario de distribución (Cargadores en baja tensión):

Intensidad máxima admisible por el conductor. La elección de la sección en función de la intensidad máxima admisible, se calculará partiendo de la potencia a transportar por el conductor, calculando la intensidad correspondiente y eligiendo el conductor adecuado, para cada caso, de acuerdo con los valores de intensidad máxima fijados. (Ver Anexo)

La ecuación empleada es:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V_s * F.P}$$

Donde F.P es el factor de potencia = 0,956 (para evitar la penalización por energía reactiva inductiva)

$$I = \frac{512}{\sqrt{3} * 0,38 * 0,956} = 820,7 A$$

La configuración de la sección del conductor para que pueda transportar esta intensidad es:

3 x 240 mm² + 1 x 240 mm²+ TT, para ello se asume un conductor unipolar con tipo de aislamiento XLPE de 240 mm² , cuya tensión máxima admisible es de I_{adm} = 550 A.

La intensidad máxima admisible que admite el conductor de esta sección es de I_{adm} = 550A, como tenemos tres conductores por fase queda un total de I_{adm} = 1650 A.

Se toma en cuenta los factores de corrección de la instalación siguiente:

Las condiciones de las instalaciones son las siguientes y vienen normada por el CNE Utilización y por la ITC-BT-07, siendo los factores de corrección a aplicar sobre la instalación:

Temperatura igual a 25° C, Factor de corrección = 1.

Resistividad térmica 1, Factor de corrección = 1.

Instalación bajo tubo, Factor de corrección = 0.8.

Profundidad distinta de 0,7m, en este caso 0.8, Factor de corrección = 0.99.

Multiplicando todos los factores de corrección, nos queda que el factor de corrección total es de 0,792, y es aplicable a todos los cálculos de la instalación de BT como se verá en cálculos siguientes.

$$\text{Factor de Correccion (FC)} = 1 * 1 * 0,8 * 0,99 = 0,792$$

Seguidamente se corrige el valor de I_{adm} obteniéndose el valor admitido real corregido:

$$I_{adm \text{ real}} = 1\ 650 * 0,792 = 1\ 306,8$$

Como podemos comprobar la Intensidad admisible es mayor que la intensidad a transportar, por lo que, la sección elegida es válida.

$$1\ 306,8 > 820,7$$

Caída de Tensión: al tratarse de una derivación trifásica, y tomando como longitud de conexión igual a 1 m, tenemos el siguiente calculo:

$$\Delta V = \frac{P * L}{C * S * V_s}$$

Donde:

S , es el área del conductor.

C, es la resistividad del material, para el cobre 43,59 m/Ω mm²

$$\Delta V = \frac{512 * 1}{43,59 * 240 * 0,38} = 0,1287 \text{ v}$$

Lo que representa un valor de caída de tensión de $(0,1287/380) * 100\% = 0,03 \%$, valor muy inferior al valor normado, por lo tanto la sección del conductor seleccionado es el correcto.

- Línea desde tablero de distribución hacia tableros de cargadores.

Se tiene una línea de fuerza desde el tablero de distribución hacia los tableros individuales de cada cargador.

Se determina la intensidad de corriente que circula por la línea hacia los cargadores de 500 kW:

Donde F.P es el factor de potencia = 0,956 (para evitar la penalización por energía reactiva inductiva)

$$I = \frac{500}{\sqrt{3} * 0,38 * 0,956} = 801,5 \text{ A}$$

La configuración de la sección del conductor para que pueda transportar esta intensidad es:

$3 \times 150 \text{ mm}^2 + 1 \times 150 \text{ mm}^2 + \text{TT}$, para ello se asume un conductor unipolar con tipo de aislamiento XLPE de 150 mm^2 , cuya tensión máxima admisible es de $I_{adm} = 425 \text{ A}$.

La intensidad máxima admisible que admite el conductor de esta sección es de $I_{adm} = 1275 \text{ A}$, como tenemos tres conductores por fase queda un total de $I_{adm} = 1275 \text{ A}$.

Se toma en cuenta el factor de corrección de 0,792.

Seguidamente se corrige el valor de I_{adm} obteniéndose el valor admitido real corregido:

$$I_{adm \text{ real}} = 1275 * 0,792 = 1010 \text{ A}$$

Como podemos comprobar la Intensidad admisible es mayor que la intensidad a transportar, por lo que, la sección elegida es válida.

$$1010 > 801,5$$

Caída de Tensión: al tratarse de una derivación trifásica, y tomando como longitud de conexión igual a 20 m (desde la caja de distribución de cargadores hasta cada uno de los 4 cargadores de 50 kW y 2 cargadores de 150 kW), tenemos el siguiente calculo:

Donde:

S, es el área del conductor 150 mm^2

C, es la resistividad del material, para el cobre $43,59 \text{ m}/\Omega \text{ mm}^2$

$$\Delta V = \frac{500 * 20}{43,59 * 150 * 0,38} = 4 \text{ v}$$

Lo que representa un valor de caída de tensión de $(4/380) * 100\% = 1,05 \%$, valor muy inferior al valor normado, por lo tanto, la sección del conductor seleccionado es el correcto.

- Línea CGBT- Cargadores 50 kW.

Las derivaciones a cada cargador son individuales.

Se determina la intensidad de corriente que circula por la línea hacia los cargadores de 50 kW:

Donde F.P es el factor de potencia = 0,956 (para evitar la penalización por energía reactiva inductiva)

$$I = \frac{50}{\sqrt{3} * 0,38 * 0,956} = 80,14 A$$

La configuración de la sección del conductor para que pueda transportar esta intensidad es:

3 x 10 mm² + 1 x 10 mm²+ TT, para ello se asume un conductor unipolar con tipo de aislamiento XLPE de 10 mm², cuya tensión máxima admisible es de I_{adm} = 96 A.

La intensidad máxima admisible que admite el conductor de esta sección es de I_{adm} = 96 A, como tenemos tres conductores por fase queda un total de I_{adm} = 288 A.

Se toma en cuenta el factor de corrección de 0,792.

Seguidamente se corrige el valor de I_{adm} obteniéndose el valor admitido real corregido:

$$I_{adm\ real} = 288 * 0,792 = 228 A$$

Como podemos comprobar la Intensidad admisible es mayor que la intensidad a transportar, por lo que, la sección elegida es válida.

$$228 > 80,14$$

Caída de Tensión: al tratarse de una derivación trifásica, y tomando como longitud de conexión igual a 4 m (desde la caja de distribución de cargadores hasta cada uno de los 4 cargadores de 50 kW), tenemos el siguiente calculo:

Donde:

S, es el área del conductor 10 mm²

C, es la resistividad del material, para el cobre 43,59 m/Ω mm²

$$\Delta V = \frac{50 * 4}{43,59 * 10 * 0,38} = 1,2 v$$

Lo que representa un valor de caída de tensión de (1,2 /380) *100% = 1,03 %, valor muy inferior al valor normado, por lo tanto, la sección del conductor seleccionado es el correcto.

- Línea CGBT- Cargadores 150 kW.

Se determina la intensidad de corriente que circula por la línea hacia de los 02 cargadores de 150 kW:

Donde F.P es el factor de potencia = 0,956 (para evitar la penalización por energía reactiva inductiva)

$$I = \frac{150}{\sqrt{3} * 0,38 * 0,956} = 240,4 \text{ A}$$

La configuración de la sección del conductor para que pueda transportar esta intensidad es:

3 x 25 mm² + 1 x 25 mm²+ TT, para ello se asume un conductor unipolar con tipo de aislamiento XLPE de 25 mm², cuya tensión máxima admisible es de I_{adm} = 160 A.

La intensidad máxima admisible que admite el conductor de esta sección es de I_{adm} = 160 A, como tenemos tres conductores por fase queda un total de I_{adm} = 480 A.

Se toma en cuenta el factor de corrección de 0,792.

Seguidamente se corrige el valor de I_{adm} obteniéndose el valor admitido real corregido:

$$I_{adm \text{ real}} = 480 * 0,792 = 380 \text{ A}$$

Como podemos comprobar la Intensidad admisible es mayor que la intensidad a transportar, por lo que, la sección elegida es válida.

$$380 > 240,14$$

Caída de Tensión: al tratarse de una derivación trifásica, y tomando como longitud de conexión igual a 4 m (desde la caja de distribución de cargadores hasta cada uno de los 2 cargadores de 150 kW), tenemos el siguiente calculo:

Donde:

S, es el área del conductor 25 mm²

C, es la resistividad del material, para el cobre 43,59 m/Ω mm²

$$\Delta V = \frac{150 * 4}{43,59 * 25 * 0,38} = 1,4 \text{ v}$$

Lo que representa un valor de caída de tensión de (1,4/380) *100% = 0,36 %, valor muy inferior al valor normado, por lo tanto, la sección del conductor seleccionado es el correcto.

- Sistemas de protección.

Interruptor transformador al tablero de distribución CGBT. Dando valores dimensionamos la protección de Baja Tensión quedando:

$$1 \text{ 306,8} > I_N > 820,7$$

Se asigna un valor de 1 000 A para un interruptor de corte en carga que cumpla con estas características.

Interruptor desde el tablero de distribución CGBT hasta tableros individuales cada cargador. Dando valores dimensionamos la protección de Baja Tensión quedando:

$$1\ 010 > I_N > 801,5$$

Se asigna un valor de 900 A para un interruptor de corte en carga que cumpla con estas características.

Interruptor desde CGBT- Cargadores 50 kW. Dando valores dimensionamos la protección de Baja Tensión quedando:

$$228 > I_N > 80,14$$

Se asigna un valor de 100 A para un interruptor de corte en carga que cumpla con estas características.


Interruptor desde CGBT- Cargadores 150 kW. Dando valores dimensionamos la protección de Baja Tensión quedando:

$$380 > I_N > 240,14$$

Se asigna un valor de 300 A para un interruptor de corte en carga que cumpla con estas características.


- Cargadores asignados.

Tabla 19
Características de cargadores de 50 kW

Detalles principales	Valores
Marca	Raption 50 & 50 HV EVO
Tensión	CA 400 V CA +/- 10%
Factor de potencia	>0,98
Eficiencia	95 % a potencia nominal
Frecuencia	50 / 60 Hz
Alimentación	CA 3F + N + PE
Protección eléctrica de entrada	Desconexión del interruptor principal
Protecciones contra sobrecargas	MCB
Protección contra corriente diferencial	RCD Tipo B
Comunicaciones	Ethernet 10/100BaseTX
Material de la envolvente	Acero inoxidable
Pantalla HMI	8" color, táctil y antivandálica
Para cargadores rápidos de 50 kW	
Modelo	CCS CHA T2S32
Intensidad de corriente máxima de entrada	108 A
Potencia máxima de salida	DC: 50 kW (@400 VCC) AC: 22 kW
Intensidad máxima de salida	CC: 125 A CA: 32 A
Conexión	CCS 2 - JEVS G105 Socket Tipo 2
Simbología	

Nota. Información tomada de la Empresa INTELLISOFT Perú S.A.

Tabla 20
Características de cargadores de 150 kW

Detalles principales	Valores
Marca	Raption 150 / 150 kW (DC) Compact
Tensión	CA 400 V CA +/- 10%
Factor de potencia	>0,98
Eficiencia	95 % a potencia nominal
Frecuencia	50 / 60 Hz
Alimentación	CA 3F + N + PE
Protección eléctrica de entrada	Desconexión del interruptor principal
Protecciones contra sobrecargas	MCB
Protección contra corriente diferencial	RCD Tipo B
Comunicaciones	Ethernet 10/100BaseTX
Material de la envolvente	Acero inoxidable
Pantalla HMI	8" color, táctil y antivandálica
Comunicación inalámbrica	4G LTE/WiFi Hotspot/GPRS/GSM
Para cargadores rápidos de 150 kW	
Modelo	CCS CHA
Intensidad de corriente máxima de entrada	260 A
Potencia máxima de salida	CCS 150 kW/CHA 100 kW
Intensidad máxima de salida	CCS 375 A/CHA 200 A
Conexión	

Nota. Información tomada de la Empresa INTELLISOFT Perú S.A.

Raption 150 / 150 kW (DC) Compact CCS CHA

4.4.3 Aspectos económicos de operación.

Debido a que los procesos de recarga son continuos en cualquier hora del día, la operación de las electrolinerías ajusta su operación de manera similar a los gasocentros convencionales, los cuales tienen contratos de facturación de energía eléctrica en Tarifa MT4 Calificación en punta.

Se presenta los costos simulados de operación en la zona de distribución de Chimbote para el mes de julio 2023.

Los costos unitarios fueron tomados de la siguiente fuente:

<https://www.osinergmin.gob.pe/Tarifas/Electricidad/PliegoTarifario?Id=20000>

Con los siguientes valores:

Costo unitario de Energía Activa Total (CEAT) = 0,2832 S/./kWh

Costo unitario de Potencia Activa de Generación (CPAG)= 58,85 S/./kW (Calificación en punta)

Costo unitario de Potencia Activa de Redes de distribución de usuarios (CPRDU)= 14,15 S/./kW (Calificación en punta)

Criterios de cálculo:

Horas de operación= 100 horas

Horas mensuales= 720 horas

% de tiempo de operación= $(100/720) * 100\% = 13,9\%$

Máxima demanda= 500 kW (solo la instalación de recarga)

Energía Activa mensual consumida (EA)= $100 * 500 = 50\ 000$ kWh.

No se considera penalidad por energía reactiva inductiva, por que en el diseño se consideró un factor de potencia igual a 0,956.

Facturación de Energía activa total:

$$FEAT = CEAT * EA$$

$$FEAT = 0,2832 * 50\ 000 = S/14160,00$$

Facturación de Potencia Activa de Generación (FPAG):

$$FEAG = CPRDU * Maxima\ demanda$$

$$FEAT = 58,85 * 500 = S/ 29\ 425,00$$

Facturación de Potencia Activa de Redes de distribución de usuarios (FPRDU):

$$FPRDU = CEAT * EA$$

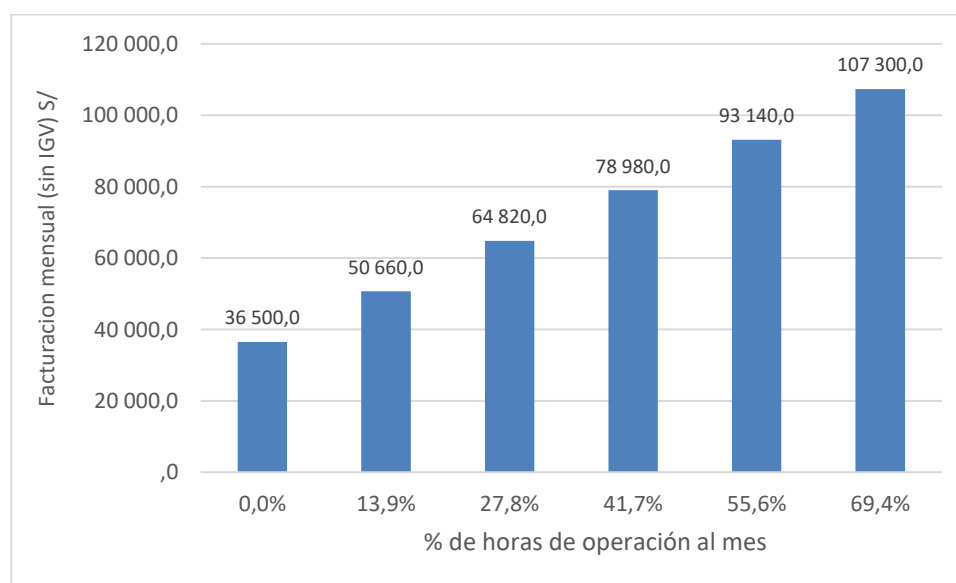
$$FEAT = 14,15 * 500 = S/ 7\ 075,00$$

Facturación total sin IGV es igual a:

$$Facturación\ mensual_{sin\ IGV} = 14\ 160,00 + 29\ 425,00 + 7\ 075,00 = S/ 36\ 500$$

Se presenta la siguiente figura, en la cual se ilustra el porcentaje de operación al mes de la electrolinera en la tarifa MT4 calificación en punta, en donde debido a las características de la tarifa MT4, en el caso de que no exista despacho o recargas de energía en autos eléctricos, siempre se deberá facturar la potencia en sus componentes de potencia activa de generación y la potencia de redes de distribución de usuarios, los cuales representan un costo mensual fijo de S/ 36 500,00.

Figura 50
Costos de operación de electrolineras según su % de horas de operación al mes



Nota. Elaboración propia.

En función a los costos operativos fijos por el cargo de potencias, una opción para poder reducir los costos de facturación es optar por contratos en el Mercado Libre de Electricidad o se debería crear un marco tarifario que resulte rentable el suministro de energía eléctrica a autos eléctricos en el futuro.

4.5 Discusión de resultados.

En la investigación de Arcos, A. (2022) para la Universidad de Sevilla concluye que el principal problema para la electrificación en el transporte liviano de pasajeros y sector privado tiene un alto grado de aceptación en el transporte urbano, pero aun está en agenda pendiente el transporte terrestre interurbano o agrandes distancias, la cual se encuentra aún limitada por la disponibilidad de los puntos de suministro a lo largo de una carretera y por la tecnología de recarga supeditada al tipo de recarga rápida o superrápida, esta última reduce el tiempo de recarga de las baterías, pero requiere de una instalación de gran potencia para ello (mayor a 150 kW por unidad de recarga), y de algún modo por la autonomía de los vehículos eléctricos. Se concuerda con ello en la presente investigación en el sentido de que la autonomía es un aspecto muy importante para poder determinar los puntos de suministro, más aun teniendo en cuenta que todas las tecnologías de BEV tienen como criterio de recarga solo de 10 al 80 % de su capacidad. Por otro lado, se ha ubicado los posibles puntos de suministro teniendo en cuenta dos criterios, al 80% y 50 % de carga de la batería, para ello se han identidad puntos de suministro en redes de media tensión a 10,8 a 11 kV.

Arias, D. (2015) en su investigación indica que uno de los principales problemas de la cadena de suministro es que a veces el periodo de recarga es estocástica, y en muchos casos coincide con los periodos de máxima demanda del sistema eléctrico, con el cual incrementa la máxima demanda del parque de generación, por lo cual recomienda una cultura de recarga de los autos eléctricos en los periodos de madrugada, siendo eso factible para el sector residencial, en nuestra investigación se manifiesta que la recarga interurbana no tiene periodo exacto, y será función de la hora de viaje que independientemente cada conductor de vehículo decide. A esto se presenta el problema del Perú referente a la tarifa para los sistemas de recarga, ya que, al no existir normativa en el Perú, la mas viable es la tarifa MT4 la cual tiene un inconveniente económico, el cual es la facturación de la potencia, se consuma energía o no.

Bobadilla, J. (2020) en su investigación determina que para buses de transporte de una Universidad para transporte urbano se tiene una autonomía de 200 km pero con periodos de recarga que oscilan entre 3 a 6 horas, todo lo contrario resulta el sistema de recarga eléctrica para vehículos interurbanos en los cuales el tiempo de espera debe ser mas corto, por lo cual se precisa que para ello la recarga rápida y superrápida es una solución , oscilando en tiempos de suministro desde 25 a 60 minutos, los cuales se caracterizan de que para un menor periodo de tiempo de recarga , la instalación eléctrica requiere de

una infraestructura de mayor potencia eléctrica , en este caso se optó por los casos entre 50-150 kW.

Es cierto que las energías renovables se presentan como una alternativa para el suministro de energía eléctrica en una electrolinera, tal como lo proponen Cano, V y Moreno, F. (2019) pero debido al área de captación, se requiere una amplia disposición de terreno y espacio, cuando se requieren de potencias mayores o iguales a 50 kW, debido a ello se destinan por lo pronto al sistema de recarga lenta de 2,2 kW o en algunos casos a 7 kW , lo cual está limitado por su capacidad de almacenamiento, y puede ser una solución para la recarga domiciliaria, mas no para instalaciones de recarga en carretera que requieren como mínimo cada cargador 50 kW (equivalente a 100 paneles fotovoltaicos de 500 W)

García, I. (2020) manifiesta tres problemas para los procesos de recarga y son la baja autonomía, el alto costo del vehículo y la infraestructura de carga, a pesar de los grandes esfuerzos en España, para aplicar incentivos, programas de electrificación con puntos de suministro en carretera estos aún son insuficientes para poder afirmar que son una solución a corto plazo. Es cierto que un rol fundamental lo representa la capacidad de las baterías para la determinación de la autonomía y los puntos de recarga, tal como lo manifiesta también Pérez, O. (2018). En nuestra investigación se ha determinado que aun el parque BEV (eléctrico puro) es aún muy bajo, con un total de 40 estaciones de recarga, la mayor parte carga lenta y solo 4 de carga rápida de 50 kW, un total de 177 autos BEV desde el año 2017 de un total de 4 225 autos (entre HEV, BEV y PHEV). El bajo factor de penetración de los autos BEV radica en su alto costo (más de US\$ 40 000 la unidad más barata) y sobre todo que existe un nivel desconfianza y de incertidumbre de cómo actuar en caso de que se agote la batería del BEV, al no contarse con suficientes puntos de suministro.

Requena, J. (2019) en su investigación, manifiesta que la autonomía es el principal factor a ir superando, para esa fecha solo se contaba con valores de autonomía de 200 y los 250 km. A la fecha estos valores han sido superados notablemente el año 2023 con valores de autonomía de 387-250 km para un 80% de carga de la batería, con lo cual se afirma que en 4 años se incrementó la autonomía en 50-60 % de su valor, básicamente por la mejora de la capacidad de la batería.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 Conclusiones.

- Para una muestra 05 tipos de autos BEV se determinó la autonomía de cada uno de ellos, así tenemos para el Auto N°5 se tiene las siguientes características técnicas: batería de 100 kWh de capacidad y un consumo de 18,1 kWh/100 km de recorrido. Se determinó un valor de autonomía de 387 km a 80 % de carga y 221 km a 50 % de carga. La autonomía se determina hasta un valor de carga del 10% de capacidad de la batería.
- Según la distancia total de la carretera panamericana norte se ubicó 12 ciudades (según su nivel de importancia) en donde se deben ubicar los puntos de suministro determinándose según una matriz de enfrentamiento y según autonomías para 80 % de carga (387-250 km) y para 50% de carga (221-142 km), las ciudades son Lima, Huacho, Barranca, Huarmey, Casma, Chimbote, Trujillo, Pacasmayo, Chiclayo, Piura, Talara y Tumbes.
- Se estimaron los puntos de suministro en cada una de las ciudades seleccionadas (en Trujillo, Chimbote, Chiclayo y Piura por su densidad poblacional se ubican dos estaciones de recarga, a los dos extremos de las ciudades). Se tuvo en cuenta criterios como proximidad a una red en media tensión, disponibilidad de terreno, cercanía a una red de alta tensión, corta distancia entre subestaciones de MT, antigüedad de instalaciones. Así por ejemplo en la ciudad de Chimbote se ubican las coordenadas UTM -9.137828, -78.521302 (Estación sur), redes en MT a 10,8 kV, longitud de 50 metros, Etiqueta SED: CH1807y CH1808.
- Se determinaron las características tecnológicas de las estaciones de recarga con una potencia de 500 kW, y para un arreglo de 4x50 kW + 2x 150 kW, de carga rápida y superrápida respectivamente. Se dimensionó el valor del transformador el cual tiene una potencia de 750 kVA. Los cargadores son del tipo Raption 50 & 50 HV EVO Modelo CCS CHA T2S32 con intensidad máxima de salida de 108 A para 50 kW y Raption 150 / 150 kW (DC) Compact CCS CHA para 150 kW.
- Se realizó una evaluación económica de la operación para un punto de suministro, y se identifica que con el marco tarifario actual MT4 (opción tarifaria típica aplicada a gasocentros) se presenta el problema del cargo de la potencia, la cual representa un costo fijo al margen de la energía eléctrica que abastezca.

5.2 Recomendaciones.

- Es un aspecto pendiente plantear un marco normativo para la implementación de la electromovilidad en el sector urbano e interurbano, los cuales tienen características distintas en su aplicación, ya que en ambos casos la autonomía, tiene un papel preponderante en la determinación de la ubicación y en el tamaño de o capacidad de los puntos de suministro.
- Del mismo modo debe incluir las condiciones tarifarias para su rentabilidad, para ello el mercado libre de electricidad representa una solución económica para los futuros contratos de electricidad entre la estación de recarga y el distribuidor, debido a la potencia de los cargadores rápidos y super rápidos. Actualmente con la tarifa MT4 resulta antieconómica por el cargo de la potencia activa.
- Se requiere realizar un estudio para determinar el estado de la infraestructura vial a largo de la carretera panamericana, debido a que el estado de las carreteras tiene un efecto muy importante en el desempeño de los BEV y en las autonomías calculadas, las cual pueden reducirse según el número de curvas, desniveles, estrado de la pista entre otros aspectos.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Acosta, S. y Carbajal, V. (2021). La electromovilidad y su efecto en el mercado de energía del Perú. Tesis para optar el título de Ingeniero en Energía. Universidad Nacional del Santa. Perú. Disponible en:

<http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/3742/52266.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Aguilar, A. (2022). Dimensionamiento y diseño de una estación de carga de vehículos eléctricos. Universidad de Sevilla. España. Disponible en:

https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/143570/TFM2477_Aguilar%20Garc%C3%ADa.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Alistair, C. (2023). Los mejores vehículos y tecnología para autos del CES 2023. Pagina web de Wired. España. Disponible en:

<https://es.wired.com/articulos/los-mejores-automoviles-y-tecnologia-para-autos-del-ces-2023-consumer-electronics-show>

Altez, C. (2017). LA GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO: EL MODELO SCOR EN EL ANÁLISIS DE LA CADENA DE SUMINISTRO DE UNA PYME DE CONFECCIÓN DE ROPA INDUSTRIAL EN LIMA ESTE, Tesis para optar el título de Licenciado en Gestión, con mención en Gestión Empresarial. Pontificia Universidad Católica del Perú. Disponible en:

https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/9143/Altez_C%C3%A1rdenas_Gesti%C3%B3n_cadena_suministro.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Álvarez, R., Loloy, N., Sotomayor, R. y Vivanco, Ed. (2022). Despliegue de la infraestructura de carga de vehículos eléctricos particulares en la ciudad de Lima. Trabajo de investigación presentado para cumplir con uno de los requisitos para la obtención del grado académico de Magister en Gestión de la Energía. ESAN. Disponible en:

https://repositorio.esan.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12640/3054/2022_MAGE_2019-1_05_TI.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Arcos, A. (2020) El coche eléctrico: fortalezas y debilidades para su expansión. Investigación realizada para la Universidad de Sevilla. España. Disponible en:
https://www.funcas.es/wp-content/uploads/2022/04/PEE-171_ARCOS-VARGAS.pdf

Arias, D. (2015). Influencia del vehículo eléctrico sobre la fiabilidad de los sistemas eléctricos. Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial. Universidad Carlos III de Madrid. España. Disponible en:
https://earchivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/23428/TFG_David_Arias_Perez.pdf

Ayasta, C. (2018). Análisis comparativo del rendimiento técnico y económico entre un vehículo híbrido (prius c) y un vehículo convencional (Yaris GLi 1.5 A/T). Tesis para optar título de Ingeniero Mecánico Electricista. Universidad Pedro Ruiz Gallo. Perú. Disponible:
<https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/3051/BC-TES-TMP-1919.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Bedoya, D. (2022). Los carros eléctricos que ya se venden en el Perú (gran autonomía, pero nada baratos). Diario El Comercio. Disponible en:
<https://elcomercio.pe/tecnologia/actualidad/autos-electricos-en-peru-caracteristicas-de-algunos-modelos-puros-volvo-porsche-audi-maxus-hyundai-volkswagen-electromovilidad-noticia/?ref=ecr>

Bobadilla, J. (2020). Propuesta del diseño de la infraestructura de recarga para futura adquisición de buses eléctricos en la UNTELS. Tesis para optar el título de Ingeniero mecánico Electricista. Universidad Tecnológica del Sur. Perú. Disponible en:
https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/609/1/T088A_75268317_T.pdf

Cano, V. y Moreno, F. (2019). Implementación de una Raspberry Pi como agregador eléctrico en una red de electrolineras. Tesis para optar el título de Ingeniero Eléctrico. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia. Disponible en:
<https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/ad3ed7a9-a7ec-4bb4-ae97-779e2d8744b3/content>

Chacón, G. (2022). Proyecto de desarrollo de un modelo adaptativo de baterías de coche eléctrico. Tesis para Grado de Master en Ingeniería de Sistemas Automáticos y Electrónica Industrial. Universidad Politécnica de Cataluña. España . Disponible en:

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/349673/Memoria%20TFM%20Galo%20Geovanny%20Chac%C3%B3n%20Galarza.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Cuno, D. (2020). Factibilidad técnica y económica para la conversión de vehículos en la región Arequipa, consideraciones para la normalización de la movilidad eléctrica. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico Electricista. Universidad San Agustín. Perú. Disponible en:

<https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/d910534a-a017-4c47-b090-48327ef0db02/content>

Diez, P. (2019). Principios básicos de un vehículo eléctrico., Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico. Universidad de Valladolid. España. Disponible en:

<https://core.ac.uk/download/pdf/222807924.pdf>

Duque, D. y Roncano, J. (2018). Determinación de la autonomía de un auto eléctrico mediante ciclos controlados. Tesis para optar el título de Ingeniería Mecánica Automotriz. Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca. Ecuador. Disponible en:

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15067/1/UPS-CT007435.pdf>

Enchufesolar. (2023). Página web de Enchufesolar. España. Disponible en:

<https://enchufesolar.com/blog/coches-electricos/tiempo-de-carga/>

Energitronic. (2023). Transformador de distribución en aceite. Pagina web de Energitronic S.A.C. Perú. Disponible en:

<https://www.energitronic.com.pe/producto/transformador-de-distribucion-en-aceite/>

Erazo, C. (2016). ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA ELECTROLINERA ALIMENTADA POR ENERGÍA SOLAR PARA CARGAR AUTOS

ELÉCTRICOS. Tesis para optar el título de Ingeniero Automotriz. Universidad Tecnológica Equinoccial. Ecuador. Disponible en:

https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14239/1/67897_1.pdf

Espinoza, C., Pastor, G., Tapia, G., Tevez, J. y Vargas, A. (2022). Diseños de Cadena de Suministros de Autos Eléctricos y su Impacto en la Tasa de Adopción e Indicadores de Sostenibilidad. Tesis para obtener el grado de magíster en dirección de cadenas de aprovisionamiento. Pontificia universidad católica del Perú. Disponible en:

<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/22125/Dise%F1os%20de%20Cadena%20de%20Suministros%20de%20Autos%20El%20E9ctricos%20y%20su%20Impacto%20-%20ESPINOZA.pdf?sequence=4>

Espinoza, D. (2021). Análisis de factibilidad para el diseño de una estación de carga de medios de transporte eléctrico utilizando energía solar fotovoltaica en Piura. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico Eléctrico. Universidad de Piura. Disponible en:

<https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/5455>

Europa prefabri (2017). Fotolineras, los puntos de recarga solares para tu coche eléctrico. Europa. Sección Noticias de Europa prefabri. España. Disponible en: <https://www.europa-prefabri.com/fotolineras-los-puntos-recarga-solares-coche-electrico/>

FH Solar &lediberica (2022). Tipos de baterías de litio. Blog de FH Solar &lediberica. España. Disponible en:

<https://fhsolarled.com/tipos-de-baterias-de-iones-de-litio/>

Galvarro, M. (2020). Estudio técnico-económico comparativo entre una electrolinera y una Fotolineras. Tesis de Maestría para Master de Ingeniería Industrial. Universidad de Sevilla. España. Disponible en:

<https://idus.us.es/handle/11441/108729>

García, D. (2023). Los 22 coches eléctricos con más autonomía del mercado. Pagina web de Car-driver. España. Disponible en:

<https://www.caranddriver.com/es/coches/planeta-motor/g35350195/vehiculos-electricos-autonomia/>

García N. (2019). Electromovilidad: Tendencias y experiencia nacional e internacional. Biblioteca Nacional del Congreso de Chile. Disponible en:

https://www.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27343/1/BCN___Electromovilidad_Experiencias_comparadas_.pdf

García, I. (2020). Análisis de factores económicos, tecnológicos y políticos en el futuro del mercado del auto eléctrico en España mediante dinámica de sistemas. Tesis doctoral en la Universidad de Valladolid. España. Disponible en:

<file:///C:/Users/HP%20250/Downloads/TESIS460-140213.PDF>

García, G. (2023). Motores eléctricos de flujo axial: los más eficientes y, en poco tiempo, también más baratos. Pagina web de coches del Futuro.España. Disponible en:

https://www.hibridosyelectricos.com/coches/motores-electricos-flujo-axial-mas-eficientes-y-en-poco-tiempo-tambien-mas-baratos_68890_102.html

García, G. (2018). Recarga inductiva y dinámica para coches eléctricos bajo el asfalto de las carreteras. Pagina web de Revista coches eléctricos. España. Disponible en:

https://www.hibridosyelectricos.com/coches/recarga-inductiva-dinamica-asfalto-carreteras_21685_102.html

Gobierno del Perú (2020). DS N° 022-2020-EM. Decreto Supremo que aprueba disposiciones sobre la infraestructura de carga y abastecimiento de energía eléctrica para la movilidad eléctrica. Ministerio de Energía y Minas. Perú. Disponible en :

<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-aprueba-disposiciones-sobre-la-infraestr-decreto-supremo-n-022-2020-em-1879172-2/>

Gobierno del Perú (214). Código Nacional de Electricidad-Utilización. Ministerio de Energía y Minas. Perú. Disponible en:

https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/898623/C%C3%B3digo_Nacional_de_Electricidad__Utilizaci%C3%B3n_.pdf

Google Maps. (2022). Distancia entre Tumbes a Tacna. Pagina Google Maps. Disponible en:

<https://www.google.com/maps/dir/tumbes/tacna/@-17.3900833,-92.4363052,3305090m/data=!3m1!1e3!4m13!4m12!1m5!1m1!1s0x90338d2b3a3c6f9b:0xf96e656902d0dbf3!2m2!1d-80.4270885!2d-3.5564921!1m5!1m1!1s0x915acf5e5e369a43:0x11f0aad4a80a8517!2m2!1d-70.2462741!2d-18.0065679?hl=es-419>

Huillca, J. (2020). Propuesta del diseño de la infraestructura de recarga para futura adquisición de buses eléctricos en la UNTELS. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico Electricista. Universidad Nacional Tecnológica del Sur. Perú. Disponible en:

https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/609/1/T088A_75268317_T.pdf

Hyundai. (2023). Carga. En 18 minutos, carga el 80% de la batería con la carga súper rápida. Hyundai. España. Disponible en:

<https://www.hyundai.com/es/modelos/ioniq5/carga.html>

Ibáñez, J. (2011). Halo IPT: la recarga inalámbrica pionera (también se atreve con la competición). Pagina web de motor pasión. España. Disponible en:

<https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/halo-ipt-la-recarga-inalambrica-pionera-tambien-se-atreve-con-la-competicion>

Iberdrola (2023). Estaciones de carga de vehículos eléctricos, claves para el futuro de la movilidad sostenible. Página web de Iberdrola. España. Disponible en:

<https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/estaciones-carga-vehiculos-electricos>

Infobae (2022). Autos híbridos 2022: precios y características de los modelos disponibles en Perú. Página web Infobae. Colombia. Disponible en:
<https://www.infobae.com/america/peru/2022/05/01/autos-hibridos-en-peru-2022-precios-modelos-y-caracteristicas-de-los-vehiculos-ecoamigables-disponibles-en-el-pais/>

Ingemecanica (2022). Fundamentos de los Motores Híbridos. Página web de Ingemecanica. España. Disponible en:
<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn136.html>

Josep, L. (2022). Nuevos avances tecnológicos en Vehículos Eléctricos. Blog de Tecnonews. España. Disponible en:
https://www.tecnonews.info/opiniones/nuevos_avances_tecnologicos_en_vehiculos_electricos_2_2022

Knaufindustries (2022). La producción de baterías para coches eléctricos se acelera espectacularmente. Página web de Knaufindustries. España. Disponible en:
<https://knaufautomotive.com/es/la-produccion-de-baterias-para-coches-electricos-se-acelera-espectacularmente/>

León, H. (2020). Diseño de la cadena de suministro para la generación de bioetanol a partir de biomasa agrícola en la región de Tulancingo. Tesis para optar el Grado de Doctor en Mecatrónica. Universidad Nacional de Tulancingo. México. Disponible en:
http://www.upt.edu.mx/Contenido/Investigacion/Contenido/TESIS/DOP/2020/DOPT_T_2020_01_ELO.pdf

LEVC (2021). ¿Qué factores afectan a la autonomía del vehículo eléctrico? Página web de LEVC. España. Disponible en:
<https://www.ronda15.es/factores-que-afectan-a-la-autonomia-del-vehiculo-electrico/>

López, N. (2022). Fotolineras o cómo cargar el coche eléctrico utilizando energía solar. Portal de Movilidad Eléctrica. España. Disponible en:

<https://movilidadelectrica.com/fotolineras-o-como-cargar-el-coche-electrico-utilizando-energia-solar/>

Mera, L. (2020). Análisis técnico para la implementación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en la provincia de Galápagos. Tesis para optar el título de Ingeniero Eléctrico en la Escuela Superior Técnica de Quito. Ecuador. Disponible en:

<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20810/1/CD%2010332.pdf>

Osinermin (2023). Tarifas eléctricas para clientes finales. Osinermin. Perú. Disponible en:

<https://www.osinermin.gob.pe/Tarifas/Electricidad/PliegoTarifario?Id=20000>

Osinermin. (2023). Mapa Minero Energético del Perú. Osinermin. Perú. Disponible en:

<http://gisem.osinermin.gob.pe/menergetico/#>

Pérez, O. (2018). Estudio para el desarrollo de carreteras eléctricas para vehículos de grandes cargas. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. España. Disponible en:

https://oa.upm.es/50288/1/TFG_OSCAR_PEREZ_HUERTAS.pdf

Perrone, M. (2020). Electromovilidad y marco normativo: Análisis actual de la movilidad eléctrica como una alternativa en el transporte público para mitigación del cambio climático en el Distrito Metropolitano de Quito. Tesina para obtener el título de especialización en Liderazgo, Cambio Climático y Ciudades. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, FLACSO Ecuador. Disponible en:

<https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/16575/2/TFLACSO-2020MPR.pdf>

Renting Finders. (2022). Autonomía. Portal de Renting Finders. España. Disponible en:

<https://rentingfinders.com/glosario/autonomia/>

Requena, J. (2019). Diseño del sistema eléctrico de una electrolinería en entorno aislado, conectada a red, con aporte de energía solar fotovoltaica. Tesis para optar el título de Ingeniero eléctrico. Universidad Politécnica de Valencia. España. 2020.

Disponible en:

<https://riunet.upv.es/handle/10251/142716>

Revista coches eléctricos (2022). Las futuras tecnologías de recarga "inteligentes" y "sin cables" para coches eléctricos. Página web de Revista coches eléctricos. España.

Disponible en:

https://www.hibridosyelectricos.com/coches/futuras-tecnologias-recarga-coches-electricos_35198_102.html

Revista km77. (2023). Capacidad de la batería. Página web de revista km77. España.

Disponible en:

<https://www.km77.com/glosario/capacidad-bateria>

Salmerón, J. (2012). Diseño de la instalación eléctrica de una electrolinería. Tesis para título de Ingeniero Eléctrico en la Universidad Carlos III. España. Disponible en:

file:///C:/Users/HP%20250/Downloads/PFC_JoseM_Salmeron_Ozores.pdf

Simon (2019). El vehículo eléctrico: elementos principales y funcionamiento. Portal de Empresa Simon. España. Disponible en:

<https://www.simonelectric.com/blog/el-vehiculo-electrico-elementos-principales-y-funcionamiento>

Taboada, K. (2020). Gestión de la cadena de suministro y su relación con la maximización del valor de la empresa en el sector calzado de Lima metropolitana, año 2018. Tesis para optar el título de contador público. Universidad particular San Martín de Porras. Perú. Disponible en:

https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/7586/taboada_cka.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Torres, D. (2021). Anatomía de los carros eléctricos. Motoriza. España. Disponible en:

<https://bydauto.com.co/blog/carros-electricos-anatomia/>

Torres, V. (2018). Mejora del proceso de carga en vehículos eléctricos- Tesis para optar el título de Ingeniería de Sistemas. Universidad de Zaragoza. España. Disponible en:

<https://zaguan.unizar.es/record/76842/files/TESIS-2019-014.pdf>

Villanueva, N. (2022). Análisis de oportunidad para la introducción de la Electromovilidad en el transporte público, en el marco del Triple Valor, en Lima Metropolitana para el periodo 2020 – 2030. Tesis para Licenciatura en Gestión con mención en Gestión Empresarial. Pontificia Universidad Católica del Perú. Disponible en:

[https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/22379/VILLANUEVA_JUSTINO_JULI%
c3%81N_PANDURO_OTOYA_CONDOR1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/22379/VILLANUEVA_JUSTINO_JULI%c3%81N_PANDURO_OTOYA_CONDOR1.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Zerpa, D. (2022). Autonomía real del auto eléctrico, los resultados de la prueba. Portal de Automundo. España. Disponible en:

<https://automundo.pe/autonomia-real-del-auto-electrico-los-resultados-de-la-prueba/>

Zuñiga, V. (2014). Propuesta de las características técnicas de un vehículo eléctrico para uso privado en Lima metropolitana. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico. Pontificia Universidad Católica del Perú. Disponible en:

[https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5767/ZU%
C3%91IGA_VICTOR_VEHICULO_ELECTRICO_PRIVADO.pdf?sequence=1](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5767/ZU%
C3%91IGA_VICTOR_VEHICULO_ELECTRICO_PRIVADO.pdf?sequence=1)

VII. ANEXOS

Anexo 1: Catalogo de Raption 50 & 50 HV EVO

Anexo 2: Catalogo Raption 150 Compact

Anexo 3: Distribución de componentes de electrolinera de arreglo 6x50 kW + 2x 150 kW.

Anexo 4: Conector Estándar Yazaki regulada por CHAdeMO para recarga rápida

Anexo 5: Intensidad máxima admisible, en A, para cables con conductores de cobre en instalación enterada (SERVICIO PERMANENTE)

Anexo 6: Características de transformador de Empresa ENERGITRONIC

Anexo 7: Pliego tarifario de Zona de Concesión de Hidrandina.

Anexo 8: Características de centro de transformación y distribución tipo EHC-4

Raption 50 & 50 HV EVO

La combinación perfecta de potencia, diseño y fiabilidad

Aplicación

Diseñado para instalarse en entornos de acceso público (espacios urbanos, centros comerciales, aeropuertos, áreas de servicio...) y privado (empresas con flotas de VE, estaciones de taxis...) donde los vehículos necesitan continuar su trayecto en menos de media hora.

Diseño conceptual

Concebido para solucionar los principales problemas identificados en la Carga Rápida por los operadores / propietarios de puntos de recarga, la serie Raption 50 basa su funcionamiento en una innovadora tecnología de potencia modular.

Otro aspecto clave es su diseño externo. La serie Raption 50 es sofisticada y fina pero a su vez robusta, lo que la hace ideal para cualquier ubicación (desde los entornos urbanos más estibos a las áreas industriales).



Aspectos destacados

Para el Operador / Propietario

- Su tecnología de **potencia modular** garantiza un tiempo de funcionamiento alto, reduciendo gastos de explotación ya que si alguno de los módulos falla, el resto sigue funcionando.
- Menor consumo de energía gracias a la **eficiencia sostenida** que se consigue al desconectar módulos cuando el VE necesita menos potencia de carga.
- El Raption 50 HV EVO es **escalable a 100 kW**.
- Ofrece un **concepto de cuidado del conector** único al incorporar el bloqueo de la pistola y el diseño flotante del cable, que se traduce en menor riesgo de rotura (es decir, menor gasto de explotación y mayor durabilidad).
- Su **puerta frontal con llave** permite un fácil acceso al interior y una reducción de los gastos de explotación ya que la instalación y los servicios (preventivos / correctivos) son más rápidos. Además, es posible instalar el cargador junto a una pared, optimizando el espacio disponible.
- Posibilidad de configurarse como **Máster para la solución Máster-Satélite**.
- Disponible la **versión 480 V** para México y otros países de América Latina.

Para el Usuario

- Su **pantalla de color táctil de 8 pulgadas** no sólo proporciona claras instrucciones de carga (p. ej. una posición incorrecta del VE para iniciar la carga) y el estado del conector (p. ej. punto de recarga reservado), sino que también permite al usuario seleccionar el idioma entre varios.
- La satisfacción del usuario también se incrementa gracias a su **luz de cortesía** integrada que facilita la localización del punto de recarga en zonas oscuras y la lectura de las instrucciones del operador.
- También se ha considerado la **accesibilidad para personas con discapacidad** cumpliendo con las normas internacionales relativas a la altura de los conectores/pantalla, que facilitan su funcionamiento.
- **Sistema de pago contactless integrado**: Ofrece una experiencia de pago con tarjeta fácil, intuitiva y sin contacto.

Serie Raption 50 & 50 HV EVO

Especificaciones generales

Alimentación CA	3F + N + PE
Tensión CA	400 V CA +/- 10%
Factor de potencia	>0.98
Eficiencia	95 % a potencia nominal
Frecuencia	50 / 60 Hz
Protección eléctrica de entrada	Desconexión del interruptor principal
Protecciones contra sobrecargas	MCB
Protección contra corriente diferencial	RCD Tipo B
Comunicaciones	Ethernet 10/100BaseTX
Protocolo	OCPP 1.6 o OCPP 1.6 J
Cumplimiento	CE / Combo-2 (EN 50121, GD19118) IEC 61851-1, IEC 61851-43 IEC 61851-21-2 Compatible con CHAdMO
Grado de protección de la envolvente	IP54 / IK30
Material de la envolvente	Acero inoxidable
Temperatura de funcionamiento	30 °C hasta +50 °C
Temperatura de almacenamiento	-40 °C hasta +60 °C
Humedad funcionamiento	5 % hasta 95 % en condensación
Lector RFID	ISO / IEC 14443-1/2 MIFARE Classic
Pantalla HMI	8" color, MCB y antitrayectoria
Limitación de potencia de salida	CC & CA por software

Longitud de cable	3 metros (CCS, CHAdMO, Tipo2)
Baliza indicadores	Indicadores de colores RGB
Dimensiones (An x Al x Pr)	340 x 190 x 250 mm (sin cable)
Peso	230 kg
Sistema de refrigeración	Ventilación forzada
Nivel sonoro	<35 dB
Contador CA	Cumple con el EN 50470-1 y EN 50470-2 (estándares MD European) o IEC 62052-11
Comunicación inalámbrica	4G LTE-M/NB-IoT o 5G NR/5G
Dispositivos Opcionales	
Conexión inalámbrica	LATAM/PAC 4G LTE/5G/5G-NB
Protección contra sobretensiones	Protector contra sobretensiones - transitorios de cuatro polos IEC 61643-1 (clase II)
Longitud de cable	5.5m (todos los cables)
Protección antirrádica del conector	CHAdMO, CCS (diseño mecánico del conector)
Protección del Socket Tipo 2	Obstruitor
Network hub	Switch TCP ethernet 8 puertos
Extensión RFID	Legic Advant / Legic Prore ISO 15693/ISO 15693 Geny FastCe
Pago con contactless	Terminal de pago con tarjeta de crédito integrada

Especificaciones por modelo

Modelo	CCS	CCS T2C32	CCS T2S32	CCS CHA T2S32	CCS CHA T2C32
Corriente máxima de entrada CA	75 A	100 A	100 A	100 A	100 A
Potencia aparente	50 kVA	75 kVA	75 kVA	75 kVA	75 kVA
Potencia máxima de salida	50 kW (8400 VDC)	DC: 50 kW (8400 VDC) AC: 22 kW	DC: 50 kW (8400 VDC) AC: 22 kW	DC: 50 kW (8400 VDC) AC: 22 kW	DC: 50 kW (8400 VDC) AC: 22 kW
Rango de tensión	DC: ver la siguiente tabla	DC: ver la siguiente tabla CA: 400 V	DC: ver la siguiente tabla CA: 400 V	DC: ver la siguiente tabla CA: 400 V	DC: ver la siguiente tabla CA: 400 V
Intensidad máxima de salida	DC: 125 A	DC: 125 A CA: 32 A	DC: 125 A CA: 32 A	DC: 125 A CA: 32 A	DC: 125 A CA: 32 A
Conexión	CCS 2	CCS 2 Tipo 2 Cable	CCS 2 Conector Tipo 2 (Sistema de bloqueo)	CCS 2 - JEVS G 100 Socket Tipo 2 (Sistema de bloqueo)	CCS 2 - JEVS G 100 Tipo 2 Cable

Raption 50 Series

Serie	Cumple el "Estricto" Alemán	Rango de tensión DC	Escalable a 100 kW
Raption 50	Opcional	50 - 500 V	X
Raption 50 HV EVO	X	150 - 800 V	Opcional

Circontrol S.A. - C/ Innovació, 3 - Industrial Park Can Mijers, 08232 Viladecavalls (Barcelona)
Tel: +34 937 362 340 - Fax: +34 937 362 941 - circontrol@circontrol.com - www.circontrol.com

86/10

Nota. Información obtenida <https://circontrol.com/datasheets/raption50-sp.pdf>

Raption 150 Compact

El equilibrio perfecto entre potencia, diseño compacto y fiabilidad

Aplicación

Raption 150 Compact se adapta perfectamente a diversos escenarios, donde el tiempo de recarga del VE es más sensible para el usuario final, como estaciones de servicio y descanso en vías rápidas, espacios destinados a la recarga en centros comerciales, zonas profesionales de turismo y zonas de autobuses urbanos, entre otros.

Diseño conceptual

Concebido para resolver los principales problemas identificados por los usuarios y los operadores en relación a la carga rápida, el Raption 150 Compact basa su funcionamiento en la tecnología de potencia modular de última generación. Otro aspecto clave es su diseño estético sofisticado, flexible, durable y robusto, que lo hace ideal para cualquier entorno, desde las zonas urbanas más exigentes hasta las industriales.



Aspectos destacados

Para el Operador / Propietario

- Su tecnología de **potencia modular** asegura una fiabilidad muy alta y reduce costes gracias a poder continuar la carga en caso de fallo de uno de los módulos de potencia.
- Reduce el consumo de energía y costes operativos gracias a un **nivel constante de alta eficiencia** al desconectar módulos de potencia cuando el VE demanda menor potencia de carga.
- La **arquitectura modular** de este cargador permite una escalabilidad de 100 hasta 150 kW de potencia para cumplir con las exigencias de crecimiento de las baterías.
- Su concepto único de **protección del conector**, con función de bloqueo (opcional) y diseño de cable flotante, reducen el riesgo de rotura, favoreciendo un mayor tiempo de funcionamiento y menos gastos operativos.
- Su **doble puerta frontal** facilita el acceso para reparaciones y mantenimiento, y permite ser instalada contra una pared.
- El equipo se puede **configurar como Master** en la solución Master-Satélite.
- Incluye el dispositivo **EMC clase B** para su uso en zonas residenciales (opcional).
- Disponible la **versión 480 V** para México y otros países de América Latina.

Para el Usuario

- Su **pantalla táctil a color anti-vandalismo de 8 pulgadas** es legible a la luz del día, y no sólo muestra las instrucciones de carga claras y el estado operativo del cargador, sino que también permite elegir el idioma.
- La experiencia del usuario se ve mejorada gracias a su **luz de cortesía integrada**, que facilita la localización del punto de carga y ayuda a la lectura de las instrucciones de funcionamiento cuando nos encontramos en zonas oscuras.
- La **altura de los conectores y la pantalla** están adaptadas en conformidad con los estándares internacionales para ayudar a personas con limitación de movilidad.
- Su **terminal de pago integrado** (opcional) ofrece una solución muy fácil e intuitiva que mejorará la experiencia del usuario. No será necesario estar suscrito a ninguna plataforma; sólo acercar la tarjeta y pagar.
- El Raption 150 compact permite **dividir la potencia disponible entre dos vehículos** (por ejemplo 75kW + 75 kW). Esto permite utilizar la potencia máxima y adaptarse a los nuevos requerimientos del mercado, en el que los vehículos cada vez tienen baterías más grandes.

Serie Raption 150 Compact

Especificaciones generales



Alimentación CA	3P + N + PE
Tensión CA	400 V AC +/- 10%
Corriente máxima de entrada CA	260 A
Capacidad de potencia de abastecimiento	160 kVA
Factor de potencia	>0,98
Eficiencia	95 % a potencia nominal
Frecuencia	50 / 60 Hz
Protección eléctrica de entrada	Desconexión del interruptor principal
Protección contra sobrecargas	MCB
Protección contra corriente diferencial	RCD Tipo B
Comunicaciones	Ethernet 10/100BaseTX
Protocolo	OCPP 1.5 / OCPP 1.6J SM
Cumplimiento	CE / Combo-2 (DIN 70121; ISO15118); IEC 61851-1; IEC 61851-23; IEC 61851-21-2 Compatible con CHAdeMO
Grado de protección de la envolvente	IP54 / IK10
Material de la envolvente	Acero inoxidable
Temperatura de funcionamiento	-30 °C hasta +50 °C
Temperatura de almacenamiento	-40 °C hasta +60 °C
Humedad máxima	5 % hasta 95 % sin condensación
Lector RFID	ISO / IEC14443-1/2/B NIPARE Classic

Pantalla HMI	8" táctil, antivandálica y a color
Limitación de potencia de salida	Por software
Longitud de cable	4 metros (CCS, CHAdeMO)
Baliza indicadora	Indicadores de colores RGB
Dimensiones (An x Al x Pr)	1140 x 1910 x 550 mm (sin cables)
Peso	450 kg
Sistema de refrigeración	Ventilación forzada
Nivel sonoro	< 55 dB
Contador CA	Cumple con el EN 50470-1 y EN 50470-3 (estándares MID Europeos) o IEC 62052-11
Comunicación inalámbrica	4G LTE/WiFi Hotspot/GPRS/GSM

Dispositivos opcionales

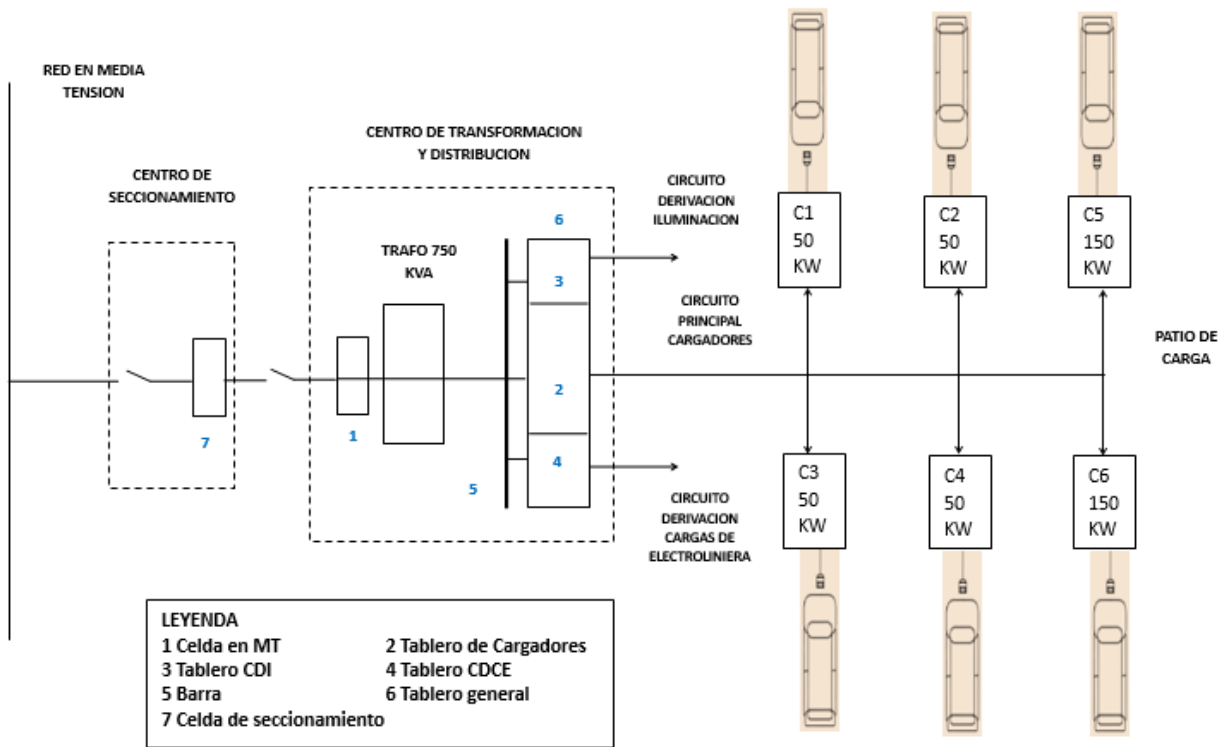
Conexión inalámbrica	LATAM/APAC/4G LTE/GPRS/GSM
Protección contra sobrecargas	Protector contra sobretensiones transitorias de cuatro polos IEC 61643-1 (clase II)
Longitud del cable	5,5 metros (todos los cables)
Protección antivandálica del conector	CHAdeMO, CCS (bloqueo mecánico del conector)
Network hub	Switch TCP ethernet 8 puertos
Extensión RFID	Legic Advant / Legic Prime ISO 15693/ISO 18092, Sony FelCa
Pago con contactless	Terminal de pago con tarjeta de crédito integrado
EMC Clase B	IEC 61000 Filtro EMC

Especificaciones por modelo

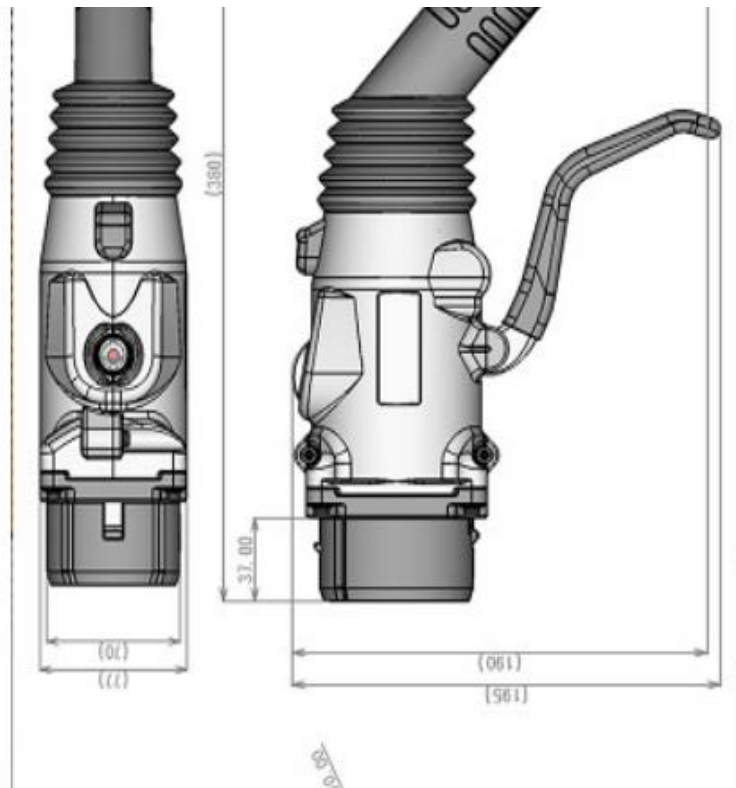
Modelos Raption 150 Compact	CCS CCS	CCS CHA
Potencia máxima de salida	CCS: 150 kW CCS: 150 kW	CCS: 150 kW CHA: 100 kW
Rango de tensión	CCS: 150-920 V CCS: 150-920 V	CCS: 150-920 V CHA: 150-500 V
Intensidad máxima de salida	CCS: 375 A	CCS: 375 A CHA: 200 A
Conexión		

Nota. Información obtenida de <https://comercializadoraryl.cl/wp-content/uploads/2023/07/Ficha-Raption-150-Compact.pdf>

Anexo 3: Distribución de componentes de electrolinera de arreglo 4x50 kW + 2x 150 kW.





Anexo 4: Conector Estándar Yazaki regulada por CHAdeMO para recarga rápida



Nota. Información tomada de CHAdeMO

Anexo 5: Intensidad máxima admisible, en A, para cables con conductores de cobre en instalación enterada (SERVICIO PERMANENTE)

SECCIÓN NOMINAL mm ²	Terna de cables unipolares (1) (2)			1 cable tripolar o tetrapolar (3)		
						
	TIPO DE AISLAMIENTO					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	72	70	63	66	64	56
10	96	94	85	88	85	75
16	125	120	110	115	110	97
25	160	155	140	150	140	125
35	190	185	170	180	175	150
50	230	225	200	215	205	180
70	280	270	245	260	250	220
95	335	325	290	310	305	265
120	380	375	335	355	350	305
150	425	415	370	400	390	340
185	480	470	420	450	440	385
240	550	540	485	520	505	445
300	620	610	550	590	565	505
400	705	690	615	665	645	570
500	790	775	685	-	-	-
630	885	870	770	-	-	-

Anexo 6: Características de transformador de Empresa ENERGITRONIC



TRANSFORMADOR TRIFASICO EN ACEITE



Nuestros transformadores son sumergidos en líquido aislante, refrigeración natural en aceite (ONAN) y están clasificados en Monofásico y Trifásico. Son fabricados según las normas ITINTEC 370.002, IEC PUB 76, así como ANSI C57.12.00.

TRANSFORMADOR TRIFASICO EN ACEITE ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Potencia	De 5KVA hasta 3000KVA
Tensión Nominal M.T.	De 2.3KV hasta 33kV
Número de terminales M.T.	3, 4
Tensión Nominal B.T.	230V, 398V, 400V, 460V, 480V.
Número de terminales B.T.	3, 4, 6, 7, 8
Grupo de Conexión	Dyn5 - Dyn11 - Dd6 - Dd0 - Yd5 - Yyn6
Frecuencia nominal	50Hz o 60Hz
Normas para diseño, fabricación y pruebas	IEC - 60076 - 01
Material del aislador	Porcelana o Polimérico
Fluido Aislante:	Aceite Mineral (Libre de PCB), Aceite vegetal (FR3)
Tipo de montaje	Interior o Exterior
Rango de Altura de Operación	0 - 5500 msnm

Anexo 7: Pliego tarifario de Zona de Concesión de Hidrandina.

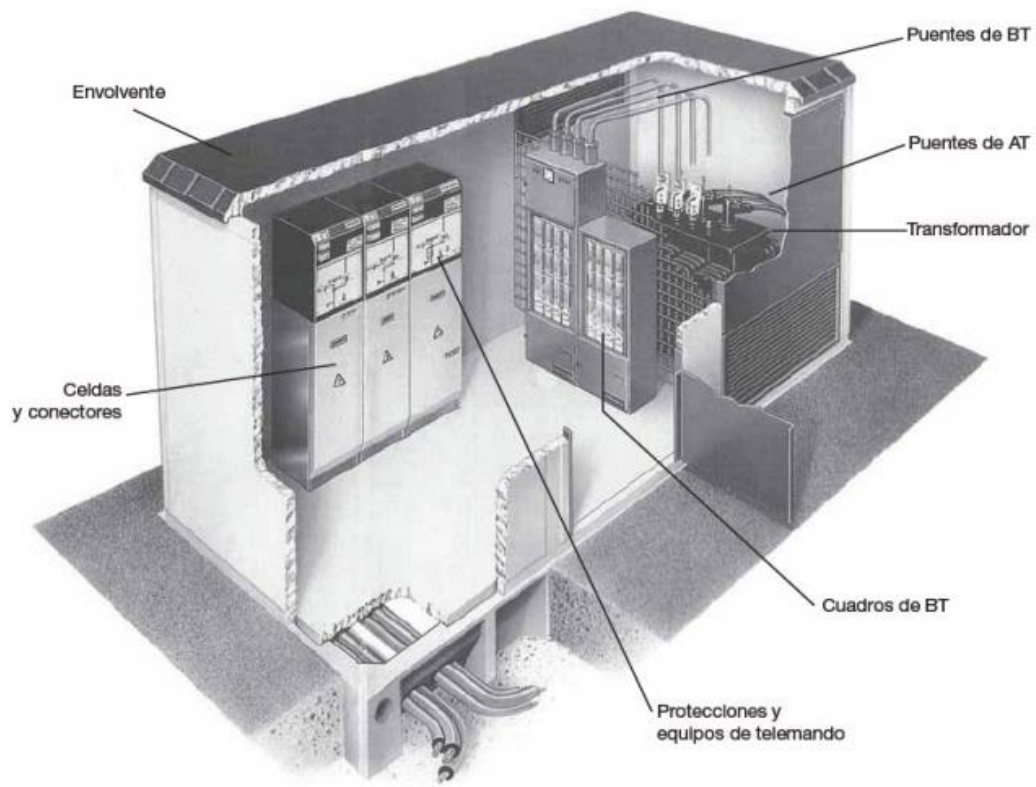
Pliego Tarifario Máximo del Servicio Público de Electricidad

Empresa: Hidrandina

Pliego	Vigencia	Sector	Interconexión
CHIMBOTE	4/Jul/2023	2	SEIN

MEDIAS TENSIÓN		UNIDAD	TARIFA
			Sin IGV
TARIFA MT2	TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE DOS POTENCIAS 2E2P		
	Cargo Fijo Mensual	S//mes	14.59
	Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S//kWh	32.52
	Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S//kWh	27.00
	Cargo por Potencia Activa de Generación en HP	S//kW-mes	66.56
	Cargo por Potencia Activa de Distribución en HP	S//kW-mes	13.08
	Cargo por Exceso de Potencia Activa de Distribución en HPP	S//kW-mes	14.04
	Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S//kVar.h	4.74
TARIFA MT3	TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 2E1P		
	Cargo Fijo Mensual	S//mes	12.04
	Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S//kWh	32.52
	Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S//kWh	27.00
	Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S//kW-mes	58.85
	Presentes Fuera de Punta	S//kW-mes	36.98
	Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S//kW-mes	14.15
	Presentes Fuera de Punta	S//kW-mes	14.12
	Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S//kVar.h	4.74
TARIFA MT4	TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 1E1P		
	Cargo Fijo Mensual	S//mes	12.04
	Cargo por Energía Activa	ctm. S//kWh	28.32
	Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S//kW-mes	58.85
	Presentes Fuera de Punta	S//kW-mes	36.98
	Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S//kW-mes	14.15
	Presentes Fuera de Punta	S//kW-mes	14.12
	Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S//kVar.h	4.74
BAJA TENSIÓN		UNIDAD	TARIFA

Anexo 8: Características de centro de transformación y distribución tipo EHC-4



Nota. Información tomada de Schneider Electric



DECLARACION JURADA DE AUTORÍA

Yo, María Juliet Alfaro Chachapoyas , Bachiller de la E.P de Ingeniería en Energía

Facultad:	Ciencias		Educación		Ingeniería	X
Escuela Profesional:	Ingeniería en Energía					
Departamento Académico:						
Escuela de Posgrado	Maestría			Doctorado		

Programa:

De la Universidad Nacional del Santa; Declaro que el trabajo de investigación es un **trabajo inédito**, intitulado:

AUTONOMIA DE LOS AUTOS ELECTRICOS Y LA DETERMINACION DE LOS PUNTOS DE SUMINISTRO DE ENERGIA EN LA CARRETERA PANAMERICANA

presentado en ...141..... folios, para la obtención del Grado académico: ()

Título profesional: (X) Investigación anual: ()

- He citado todas las fuentes empleadas, no he utilizado otra fuente distinta a las declaradas en el presente trabajo.
- Este trabajo de investigación no ha sido presentado con anterioridad ni completa ni parcialmente para la obtención de grado académico o título profesional.
- Comprendo que el trabajo de investigación será público y por lo tanto sujeto a ser revisado electrónicamente para la detección de plagio por el VRIN.
- De encontrarse uso de material intelectual sin el reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el proceso disciplinario.

Chimbote, marzo de 20234

Firma:

Nombres y Apellidos: María Juliet Alfaro Chachapoyas

DNI:



ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, Robert Fabian Guevara Chinchayan

Facultad:	Ciencias		Educación		Ingeniería	X
Departamento Académico	ENERGIA, FISICA Y MECANICA					
Título:	X	Maestría:		Doctorado		

Programa:

De la Universidad Nacional del Santa. Asesor / Unidad de Investigación revisora del trabajo de Investigación intitulado:

AUTONOMIA DE LOS AUTOS ELECTRICOS Y LA DETERMINACION DE LOS PUNTOS DE SUMINISTRO DE ENERGIA EN LA CARRETERA PANAMERICANA

Del estudiante / docente:

De la escuela / departamento académico:

Constato que la investigación presentada tiene un porcentaje de similitud del 23 % el cual se verifica con el reporte de originalidad de la aplicación Turnitin adjunto.

Quién suscribe la presente, declaro el haber analizado dicho reporte y concluyo que las coincidencias detectadas no se conforman como plagio. A mi claro saber y entender, la investigación cumple con las normas de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional del Santa.

Nuevo Chimbote, marzo de 2024

Firma:

Nombres y Apellidos del Asesor/Presidente UI: Robert Fabian Guevara Chinchayan

DNI:

9	Internet Source	1 %
10	tesis.pucp.edu.pe Internet Source	1 %
11	repositorio.ute.edu.ec Internet Source	1 %
12	www.coursehero.com Internet Source	<1 %
13	es.slideshare.net Internet Source	<1 %
14	repositorio.flacsoandes.edu.ec Internet Source	<1 %
15	repositorio.ucsm.edu.pe Internet Source	<1 %
16	openaccess.uoc.edu Internet Source	<1 %
17	uvadoc.uva.es Internet Source	<1 %
18	biblioteca.olade.org Internet Source	<1 %
19	e-archivo.uc3m.es Internet Source	<1 %
20	www.iberdrola.com Internet Source	<1 %

21	circontrol.com Internet Source	<1 %
22	http://EF%BC%9A%E5%8F%8D%E6%80%9D%E5%AC%E6%95%99%E5%AD%B8%E5%8E%9F%E7%90%86%E Internet Source	<1 %
23	documentop.com Internet Source	<1 %
24	www.repositorio.usac.edu.gt Internet Source	<1 %
25	repositorio.utc.edu.ec Internet Source	<1 %
26	upcommons.upc.edu Internet Source	<1 %
27	repositorio.unal.edu.co Internet Source	<1 %
28	www.upt.edu.mx Internet Source	<1 %
29	cdn.www.gob.pe Internet Source	<1 %
30	repositorio.uide.edu.ec Internet Source	<1 %
31	www.fonafe.gob.pe Internet Source	<1 %
32	repositorio.usmp.edu.pe	

	Internet Source	<1 %
33	www.gslithiumaccu.com Internet Source	<1 %
34	zenodo.org Internet Source	<1 %
35	es.wikipedia.org Internet Source	<1 %
36	pirhua.udep.edu.pe Internet Source	<1 %
37	aap.org.pe Internet Source	<1 %
38	dspace.ups.edu.ec Internet Source	<1 %
39	repositorio.usanpedro.edu.pe Internet Source	<1 %
40	repositorio.espe.edu.ec Internet Source	<1 %
41	www.slideshare.net Internet Source	<1 %
42	grafeno.co Internet Source	<1 %
43	repositorio.uchile.cl Internet Source	<1 %

44	manualzz.com Internet Source	<1%
45	riunet.upv.es Internet Source	<1%
46	steamcommunity.com Internet Source	<1%

Exclude quotes Off

Exclude matches < 15 words

Exclude bibliography On

