



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

**“DISEÑO DE CONSTRUCCIÓN Y ANÁLISIS DE  
EMPLAZAMIENTO DE ELECTROLINERAS EN GUAYAQUIL Y  
SAMBORONDÓN”**

**INFORME DE MATERIA INTEGRADORA**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO/A EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN  
POTENCIA**

**JOSELYN LIZBETH CARBO TOMALÁ  
SERGIO OMAR MENDOZA ECHEVERRÍA**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**AÑO: 2017**

## **AGRADECIMIENTO**

Mis más sinceros agradecimientos en primer lugar a Dios que me brinda sabiduría y a mis padres quienes han sido mi apoyo a lo largo de la carrera y que sin ellos no habría sido posible culminarla. De igual manera agradezco a cada uno de los profesores que supieron impartirme sus sabios conocimientos.

Joselyn Carbo

## TRIBUNAL DE EVALUACIÓN

---

**M.Sc. Iván Endara Vélez**

PROFESOR EVALUADOR

---

**Ph.D. Javier Urquiza Calderón**

PROFESOR EVALUADOR

## DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

.....  
**Joselyn Carbo Tomalá**

.....  
**Sergio Mendoza Echeverría**

## RESUMEN

En este estudio se analiza el problema de la falta de puntos de carga para los vehículos eléctricos debido a la entrada de esta nueva tecnología al mercado ecuatoriano. Se examinan como deben estar constituida las instalaciones para los diferentes tipos de carga, dando un enfoque primordial a los puntos de carga rápida. Para las puntos de recarga en viviendas se eligió el tipo Wall-box con tecnología RFID para identificación del vehículo y de la persona que realizará la recarga poseedora de la tarjeta. Para los puntos de carga en parqueos subterráneos se eligieron puntos de carga de pared y en parqueos al aire libre puntos de carga de pie. Para los puntos de carga rápida se escogió tener un transformador trifásico de 13800/400 V para los cargadores y un transformador monofásico de 400/220 V para los locales e iluminación exterior ubicados dentro del centro de transformación. Como protección del lado de alta tensión de los transformadores se usarán fusibles instalados en el poste de arranque con sus respectivos pararrayos y para el lado de baja tensión se usarán breakers. Con respecto a los conductores, para media tensión instalación subterránea se usará el conductor N2XSY 15 kV y para baja tensión el conductor será tipo THHW.

Las simulaciones en CYMDIST fueron realizadas considerando cuatro escenarios, desde tener cargando un vehículo hasta tener cargando cuatro vehículos; para esto se realizó un flujo de carga haciendo el recorrido de cada línea de alimentación con las respectivas cargas donde se conectará cada electrolinera con la finalidad de verificar y analizar el perfil de voltaje en cada caso; con dicho análisis se obtuvo un valor de 0,855% como mayor porcentaje de caída en el alimentador Safando Country-Club, 0,254% como mayor porcentaje de caída en el alimentador Chongón Odebrecht, 0,391% como mayor porcentaje de caída en el alimentador Bonaterra, 0,732% como mayor porcentaje de caída en el alimentador La Laguna, lo cual resultan ser valores no considerables

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO .....	ii
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN .....	iii
RESUMEN .....	v
CAPÍTULO 1 .....	1
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Justificación .....	1
1.2 Alcance.....	2
1.3 Objetivos generales.....	3
1.4 Objetivos específicos.....	3
1.5 Marco teórico.....	4
1.5.1 Electrolineras .....	4
1.5.2 Modelos de vehículos eléctricos en el Ecuador .....	5
1.5.3 Tipos de recarga de batería .....	6
1.5.4 Modos de carga.....	8
1.5.5 Tipos de conexión del vehículo eléctrico.....	9
1.5.6 Normativas en España .....	11
1.5.7 Normativas en Ecuador.....	12
1.6 Implementación de electrolineras en otros países.....	12
1.7 Problemas existentes en la ciudad de Loja con la entrada de los taxis eléctricos .....	13
1.8 Sistema eléctrico de Guayaquil .....	13
CAPÍTULO 2.....	14
2. METODOLOGÍA .....	14
2.1 Estrato social al que va dirigido .....	14
2.2 Proyección de venta de vehículos eléctricos.....	15
2.2.1 Técnica: Datos históricos .....	16
2.2.2 Método: Incremento absoluto.....	17

2.3	Lugares potenciales para la ubicación de puntos de carga.....	18
2.3.1	Puntos de carga rápida .....	18
2.3.2	Puntos de carga semi-rápida .....	18
2.3.3	Puntos de carga lenta .....	19
2.4	Tipos de instalación de puntos de carga .....	19
2.4.1	Instalación en viviendas .....	19
2.4.2	Instalación en parques colectivos.....	21
2.4.3	Instalación de electrolineras.....	21
2.5	Requisitos de tránsito, Empresa eléctrica y Municipio.....	22
2.5.1	Requisitos de la Empresa Eléctrica.....	22
2.5.2	Requisitos de Tránsito y Municipio.....	27
2.6	Principales productos utilizados en los diferentes puntos de recarga.....	28
2.6.1	Punto de carga en viviendas .....	28
2.6.2	Punto de carga en parqueaderos subterráneos .....	28
2.6.3	Punto de carga en parqueaderos al aire libre .....	29
2.6.4	Punto de carga en electrolineras.....	30
2.7	Requisitos de diseño de una electrolinera .....	31
2.7.1	Línea de entrada de media tensión .....	31
2.7.2	Centro de transformación.....	33
2.7.3	Red eléctrica de baja tensión .....	33
2.7.4	Punto de carga .....	34
2.8	Dimensionamientos para la implementación de una electrolinera.....	34
2.8.1	Demanda aproximada de una electrolinera.....	35
2.8.2	Intensidad nominal máxima de la red de media tensión y baja tensión .....	36
2.8.3	Caída de tensión .....	37
2.8.4	Máxima transferencia de potencia.....	38
2.8.5	Centro de transformación.....	38
2.8.6	Protecciones del centro de transformación .....	39

2.8.7	Filtros de armónicos .....	41
2.9	Modelado de una estación de carga de VE para carga rápida en CC.....	43
2.10	Impacto en el voltaje debido a la entrada de electrolineras .....	44
CAPÍTULO 3.....		45
3.	ELECTROLINERAS EN GUAYAQUIL Y SAMBORONDÓN.....	45
3.1	Resultado de encuestas .....	45
3.2	Resultado de la proyección de ventas de vehículos eléctricos.....	47
3.3	Opciones de diseño final .....	49
3.4	Diseño final.....	50
3.4.1	Emplazamiento de los puntos de carga rápida .....	50
3.4.2	Dimensionamiento.....	53
3.5	Esquemas de instalación de puntos de carga .....	54
3.6	Costos de implementación .....	57
3.7	Modelado de carga rápida en DC para vehículos eléctricos.....	59
3.8	Impacto en el voltaje.....	63
3.8.1	Flujo de carga Alimentador SAFANDO- COUNTRY CLUB 69 .....	64
3.8.2	Flujo de carga Alimentador CHONGON-ODEBRECHT 67 .....	67
3.8.3	Flujo de carga Alimentador BONATERRA .....	71
3.8.4	Flujo de carga Alimentador LA LAGUNA .....	74
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		78
BIBLIOGRAFÍA.....		80
ANEXOS .....		83



## **CAPÍTULO 1**

### **1. INTRODUCCIÓN**

Durante los últimos años han existido cambios en el Ecuador en lo que respecta a la matriz energética. Nuevos proyectos hidroeléctricos se han llevado a cabo, teniendo como finalidad la reducción de la contaminación en el medio ambiente provocada por emisiones de CO<sub>2</sub>. Esto a su vez, da apertura a una nueva tecnología en que el país se quiere ver involucrado y se trata del ingreso al mercado local de vehículos eléctricos, los mismos que aportan, entre otros, a que la contaminación por gases de efecto invernadero disminuya.

La ciudad de Loja, localizada en la zona sur del Ecuador, es una de las pioneras en el uso de esta tecnología al tener los primeros taxis eléctricos que incentivan la utilización de energías renovables en el Ecuador, tomando como consideración principal, que cuenta entre otras ventajas con el Parque Eólico Villonaco como fuente de generación.

Este gran aporte al país se lo valora por la ausencia de suficientes electrolineras que satisfacerían la demanda de taxis existentes. Ante la entrada de estos vehículos, se quiere evitar los posibles problemas que ocasionaría la falta de puntos de carga y, por el contrario, incentivar al cambio de los vehículos convencionales por los eléctricos debido a los múltiples beneficios que poseen, no sólo en lo ambiental, sino también en cuanto a la economía y eficiencia energética.

Para el presente estudio se tendrá un enfoque primordial en la ciudad de Guayaquil, que consta como la más poblada de la República del Ecuador y, además, cuenta con el parque vehicular más grande del país. Se precisa realizar el análisis sobre la implementación de electrolineras en Guayaquil y Samborondón, puesto que actualmente no se cuenta con puntos de recarga rápida que beneficien al uso de vehículos eléctricos.

#### **1.1 Justificación**

Debido a que en la actualidad han surgido problemas en cuanto al mercado del petróleo, como lo son: el precio y estado de agotamiento; el uso de los vehículos convencionales requieren una innovación. Para reducir la

contaminación por la emisión de dióxido de carbono y el uso de energía de fuentes agotables se pretende el cambio de vehículos convencionales a vehículos eléctricos.

Actualmente se está iniciando una concienciación social en cuanto al respeto que se debe dar al medio ambiente, especialmente en las ciudades grandes. Llegado a la conclusión que se requiere limitar la circulación de vehículos contaminantes, poniendo en primer plano los vehículos eléctricos que permitirían aprovechar las fuentes de energía renovable. Cabe recalcar que las pocas emisiones de gases de efecto invernadero que existirían sólo provendrían de la generación de energía eléctrica con la que serían recargados y se tiene la ventaja que Ecuador es en mayor porcentaje hídrico.

Una de las soluciones para incentivar el uso de vehículos eléctricos es la construcción de electrolinerías, que establecen puntos de carga rápida en donde el usuario pueda recargar la batería de su vehículo. Dichas electrolinerías deberán estar ubicadas en puntos claves de la ciudad de Guayaquil y Samborondón, teniendo en consideración diversos aspectos, como: la facilidad de conexión a la red y las zonas de gran afluencia de vehículos, entre otros aspectos.

## **1.2 Alcance**

El presente estudio tiene como finalidad determinar estratégicamente los puntos de ubicación de las electrolinerías, tomando en consideración los aspectos importantes que implicarían un problema o un beneficio al momento de realizar el análisis de emplazamiento, como: conocer la topología de la red de distribución eléctrica y los lugares de tránsito masivo de vehículos.

Para ello se debe realizar un análisis del estrato social al que va dirigido y la proyección de ventas de autos eléctricos en la ciudad de Guayaquil, para conocer la factibilidad de construir electrolinerías tomando en consideración la existencia de un público dispuesto a utilizarlas.

En base a estudios realizados en otros países, se pretende realizar una comparación que permita determinar resultados en cuanto las experiencias

obtenidas con la entrada de electrolinerías en una ciudad. Así mismo, se reconocen las oportunidades que se puedan presentar en el mercado laboral.

Cabe recalcar que en Loja ya circulan taxis eléctricos, pero el problema principal fue la falta de electrolinerías y esto es lo que se quiere evitar que suceda en Guayaquil. Por tal motivo, se diseñarán estas electrolinerías cumpliendo las debidas normativas y requisitos que rigen en su diseño de acuerdo a la Corporación Nacional de Electricidad (CNEL).

Tales electrolinerías tendrían como beneficio la carga rápida, estudiando cómo afecta el tiempo que demora la recarga de la batería del vehículo eléctrico a la vida útil de la misma.

También se realizará el estudio de la instalación de los puntos de carga en domicilios, cómo se realizaría la instalación del sistema, costo del sistema, materiales, tipo de medición, y el cobro de energía según el pliego tarifario.

### **1.3 Objetivos generales**

Los objetivos generales de este trabajo son los siguientes:

- Analizar la mejor ubicación de electrolinerías en base a la facilidad de conexión a la red de distribución eléctrica y demás aspectos.
- Diseñar electrolinerías para su respectiva construcción.

### **1.4 Objetivos específicos**

Los objetivos específicos se detallan a continuación:

- Analizar el impacto en el voltaje que se provoca al entrar las electrolinerías a la red de distribución eléctrica de Guayaquil / Samborondón.
- Dimensionamiento y análisis de costos de implementación de los elementos eléctricos (transformadores, protecciones, etc.) que aseguren el correcto funcionamiento de una electrolinería.
- Especificar las normativas que rigen en el diseño de una electrolinería, así como también los requisitos de tránsito, de la empresa distribuidora de electricidad y del municipio.

## **1.5 Marco teórico**

Esta sección consta de información que se debe tener en cuenta para la implementación de electrolinerías en Guayaquil y Samborondón, como: definición de electrolinerías, tipos de recarga, modos de recarga, modelos de autos eléctricos en Ecuador y normativas internacionales.

### **1.5.1 Electrolinerías**

Con la entrada de los vehículos eléctricos al mercado, se vio la necesidad de implementar un lugar donde se pueda obtener la energía necesaria para cargar las baterías de dichos vehículos, para ello se crearon las electrolinerías, que de manera simple son estaciones de carga rápida diseñadas para la recarga de vehículos eléctricos.

En la actualidad existen dos tipos de electrolinerías: una de ellas es usada para recarga de batería y otras tienen un uso exclusivo de recambio de batería. El problema latente con las segundas antes mencionadas es la diversidad de ejemplares de baterías, ya que no existe una batería estándar. Las electrolinerías funcionan de manera similar que una gasolinera tradicional: se acerca al dispensador y se enchufa la manguera al carro. La diferencia radica en que no se obtendrá combustible, éste consumirá electricidad. El tiempo estimado de recarga es del 50% de batería del vehículo en 15 minutos y el 80% en media hora. [1]

Uno de los problemas de las estaciones de carga rápida es la necesidad de un sistema eléctrico capaz de suministrar altas potencias ya que la carga rápida requiere un servicio eléctrico tipo industrial. Estas altas potencias también pueden afectar al sistema de distribución eléctrico pudiendo provocar caídas de tensión o incluso apagones durante las horas de demandas picos si existen demasiados vehículos cargando al mismo tiempo.

### 1.5.2 Modelos de vehículos eléctricos en el Ecuador

La introducción de los autos eléctricos al mercado local aportaría en el avance de la infraestructura, el servicio de atención al cliente después de la compra y empleo de las baterías recargables de los mismos, como lo indica el “Convenio Marco para la Promoción, Comercialización, y Perspectivas de Fabricación de Baterías y Vehículos Eléctricos en la República del Ecuador”. [2]

Son varias las marcas de autos eléctricos que buscan involucrarse en el mercado ecuatoriano, tales como: BYD, Nissan, Renault y KIA. Ecuador tiene como objetivo ser uno de los promotores de esta nueva tecnología al contar como beneficio el cambio de la matriz energética y sus condiciones geográficas. [3]

La Tabla 1 mostrada indica cada una de las características principales para los autos eléctricos que estarían en el mercado ecuatoriano.

Nota: Las baterías son de ión litio.

Modelo	Conector	Carga	Tiempo de carga: 100 %	Tiempo de carga: 80 %	Autonomía NEDC	Capacidad de batería
Nissan Leaf	SAEJ1722 (tipo 1)	Lenta: 16 A (3.7kW)/28 A (6.6kW opcional)	8h/5h	6h/4h	199km/250km	24kWh/30kWh
		Rápida: 80 A (55.4kW)	1h	30 min		
	CHAdemo	Rápida: 72 A (50kW)	1h	30min		
BYD E6	Mennekes	Lenta: 16 A (3.7kW)	8h	6h	300 km	64 kWh
		Rápida: 63 A (43.8kW)	2h	48 min		
KIA Soul EV	SAEJ1722 (tipo 1)	Lenta: 16 A (3.7kW)/28 A (6.6kW cargador interno)	8h - 5h	6h - 4h	212 km	27kWh
		Rápida: 80 A (55.4kW)	1h	30 min		
	CHAdemo	Rápida: 72 A (50kW) opcional	1h	30 min		

**Tabla 1: Características de los vehículos eléctricos [4]**

A partir de esta tabla se puede observar cuánto es la diferencia de tiempo entre la recarga lenta y la recarga rápida, es decir, se puede tener conocimiento del tiempo que se podría ahorrar en una recarga. Otra característica a destacar es la autonomía de cada modelo de vehículo, que sirve para determinar cuánto puede recorrer un vehículo cuando está cargado al 100%.

### 1.5.3 Tipos de recarga de batería

Se describirán a continuación los tipos de recarga lenta, recarga semi-rápida (domicilios particulares) y recarga rápida (electrolineras):

#### Recarga lenta (16 Amperios)

Para la recarga lenta se emplea la intensidad y voltaje eléctrico del domicilio, es decir, 16 A y 230 VAC. Por tal razón, la potencia eléctrica tendría un aproximado de 3.7 kW, tardando 8h en cargar. El vehículo eléctrico puede ser recargado en la noche en un garaje. [5] Como ejemplo del punto de carga se puede observar la figura 1.1.



Figura 1.1: Punto de carga para conector Schuko y Mennekes

#### Recarga semi-rápida (32 Amperios)

La carga semi-rápida emplea una corriente de 32 A y un voltaje de 230VAC. La potencia eléctrica sería de 7.3 kW aproximadamente,

tardando 4 horas en cargar. El vehículo podría ser recargado en el garaje de una vivienda durante la noche o en un parqueadero durante las horas en que las personas ocupan su tiempo en el trabajo o en asuntos personales. [5] El punto de carga se muestra en la figura 1.2.



**Figura 1.2: Conector SAEJ1722 usado para carga semi-rápida**

### **Recarga rápida**

La batería se carga en un 80% durante 30 minutos y se emplea una mayor corriente eléctrica entregando en corriente continua la energía, obteniendo aproximadamente una potencia de salida de 50 kW y llegando a un máximo de 62.5 kW. [5] La figura 1.3 muestra el punto de carga para recarga rápida.



**Figura 1.3: Sistema de carga rápida. Conector MENNEKES, CHAdeMO, Combo**

#### 1.5.4 Modos de carga

Modo 1: Este modo usa como infraestructura de recarga una toma de corriente tipo Schuko (toma doméstica). No tiene comunicaciones entre el auto eléctrico y el punto de carga. [6, p. 1] Ver figura 1.4



**Figura 1.4: Modo 1 para carga lenta en CA**

Modo 2: Para este modo, la infraestructura de recarga es una toma de corriente tipo Schuko ubicada en la pared. El cable cuenta con sistemas de función piloto, es decir, tiene un dispositivo intermedio de control que ayuda a verificar una conexión correcta del vehículo a la red. [6, p. 1] La figura 1.5 muestra el modo descrito.



**Figura 1.5: Modo 2 para carga lenta en CA**

Modo 3: En este caso, los dispositivos asociados al control y protección se encuentran dentro del punto de carga que corresponde a una toma de corriente tipo “Mennekes” con su respectivo hilo piloto de comunicación integrado. [6, p. 2] La figura 1.6 permite observar el modo 3 de carga.





**Figura 1.6: Modo 3 para carga lenta o semi-rápida. Monofásica o trifásica**

Modo 4: En lo que corresponde a la infraestructura de recarga, para este modo se usa un convertor de corriente alterna a corriente continua. Únicamente se aplicará este modo para recarga rápida. [6, p. 2] Ver figura 1.7.



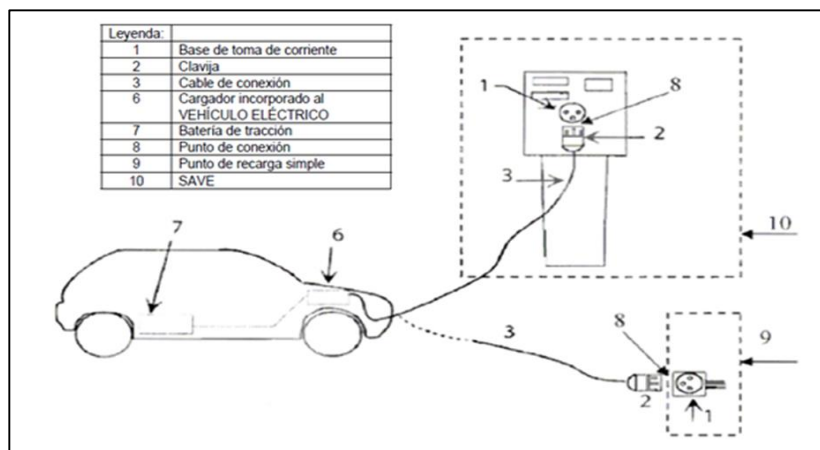
**Figura 1.7: Modo 4 para carga rápida en CC**

### 1.5.5 Tipos de conexión del vehículo eléctrico

Cada conexión cuenta con el denominado Sistema de Alimentación del Vehículo Eléctrico (SAVE) y deberá cumplir las siguientes funciones detalladas a continuación: verificar la correcta conexión del vehículo, comprobar continuamente la integridad del conductor correspondiente a la toma de tierra de protección, activar el sistema, desactivar el sistema y seleccionar la velocidad en que se carga el vehículo. [7, p. 41]

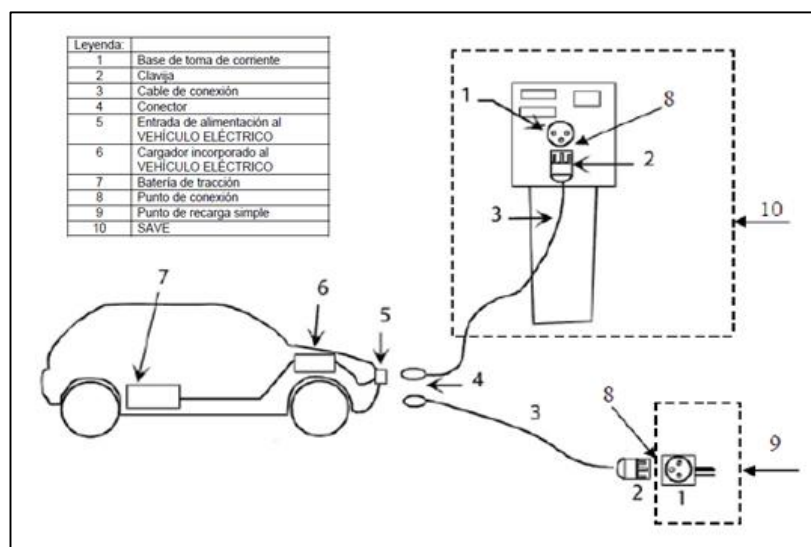
Existen varios tipos de conexión del auto eléctrico como lo indica la norma UNE-EN 61851-1 (sistema conductivo de carga para vehículo eléctrico).

Conexión caso A: Se trata de la conexión de un auto eléctrico a la red de corriente alterna, usando como alimentación un cable y un conector unido al auto. [7, p. 40] Ver ejemplo en la figura 1.8.



**Figura 1.8: Conexión caso A [8, p. 107462]**

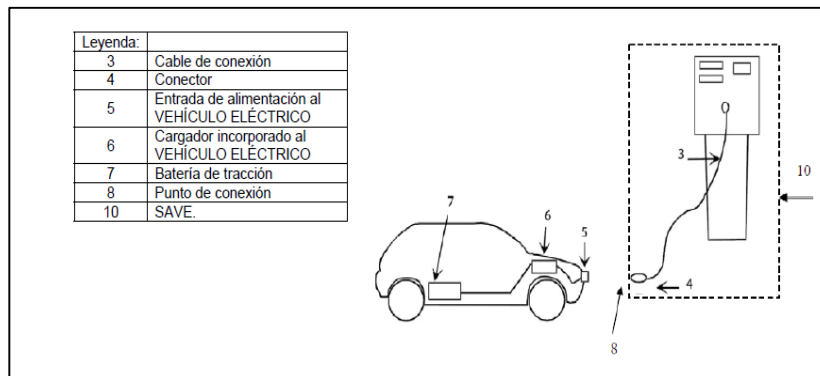
Conexión caso B: En cuanto a esta conexión, el vehículo se encuentra conectado a la red mediante el uso de un cable que permitirá la carga, el cual puede ser desmontado, incluyendo un conector del auto y un equipo de alimentación de corriente alterna. [7, p. 40] La figura 1.9 presenta la conexión para el caso B.



**Figura 1.9: Conexión caso B [8, p. 107463]**

Conexión caso C: Corresponde a la conexión de un vehículo a la red usando un cable que permitirá su alimentación y también un conector, los cuales, se encuentran unidos al equipo de alimentación. Este caso es

utilizado únicamente para el cuarto modo de carga. [7, p. 41] Ver figura 1.10.



**Figura 1.10: Conexión caso C [8, p. 107464]**

### 1.5.6 Normativas en España

Debido a que Ecuador actualmente no cuenta con normativas, para el análisis que se desea realizar, se pueden usar las normativas vigentes en otros países para así adaptarlas en la ciudad de Guayaquil y Samborondón.

Existen normas europeas que se deben cumplir en cuanto a la infraestructura de recarga para autos eléctricos. Éstos se detallan a continuación:

La normativa UNE-EN 61851-1 (Corresponde al sistema de conducción de carga para autos eléctricos. El vehículo se encuentra conectado a la red mediante el uso de un cable con un conector y un equipo de alimentación de CA). [9, p. 22]

UNE-EN 61851-22 (Se trata de un sistema de conducción de carga para los autos eléctricos similar a la norma anterior). [9, p. 22]

UNE-EN 50438 (Se mencionan los requisitos en cuanto a la conexión de micro generadores puestos en paralelo con redes generales de distribución para niveles de baja tensión). [9, p. 22]

Institución Técnica Complementaria del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (ITC-BT-23: Instalación interiores o receptoras. Protección contra sobretensiones). [10, p. 239]

ITC-BT-52 (Se da mención a una instalación con fines especiales, refiriéndose a la infraestructura para la recarga de autos eléctricos). [11]

### **1.5.7 Normativas en Ecuador**

Ecuador sólo cuenta las siguientes normativas para la instalación de electrolineras:

ARCONEL 038/15 (Esquema tarifario para la introducción de los vehículos eléctricos en el Ecuador). [12]

NATSIM 2012 (Se detallan las normas en cuanto a acometidas, cuartos de transformadores y sistemas de medición para el suministro de electricidad). [13]

## **1.6 Implementación de electrolineras en otros países**

Uno de los países preocupado por cambiar su parque vehicular en vehículos eléctricos es España. La implementación de determinados puntos de recarga rápida para autos eléctricos en España ha tenido varios inconvenientes como una red de carga que no se encuentra bien dimensionada, es decir, los puntos de recarga no están bien distribuidos. [14]

Según usuarios encuestados coinciden que una infraestructura de carga similar a la red de gasolineras tradicionales que hay en España no es fundamental para los desplazamientos cotidianos que realizan el 80% de las personas. Otro de los problemas que presentan la instalación de las electrolineras es el impacto visual a zonas de gran impacto cultural debido al enorme espacio que ocupan ciertas electrolineras (electrolineras que tienen instalados paneles solares). [14, p. 1]

De igual manera, existe otro factor que puede afectar a la instalación de puntos de recargas rápidas, y son los puntos de carga domiciliarias debido a que un buen desarrollo de estas cubrirían el 95% de las necesidades del usuario,

optimizando costos y aprovechando la disminución de la tarifa energética durante la noche puesto que existen alto costo fijos con lo que respecta a los puntos de carga rápida que se pueden ver reflejados en cuanto al precio de recarga. [14, p. 2]

### **1.7 Problemas existentes en la ciudad de Loja con la entrada de los taxis eléctricos**

Para hacer de Loja un ambiente amigable en que los seres humanos puedan disfrutar de una mejor vida e incluso más saludable. El municipio de Loja implementó 50 taxis eléctricos. Este plan piloto no solo tiene como finalidad mejorar la calidad de aire en la ciudad sino también crear fuentes de empleo para migrantes lojanos que retornaron.

Los taxis eléctricos implementados en Loja tienen varias alternativas de recarga y los propietarios lo pueden hacer desde sus domicilios con electricidad de 110 o 220 voltios en 4 horas; ya que por el momento no existen electrolinerías en los que se podrían cargar en 20 minutos. [15]

Para lograr el objetivo propuesto de tener en sus calles 100% de taxis eléctricos. El Municipio analiza posibles lugares para ubicar las electrolinerías, con esto mejorar la infraestructura e incentivar el uso y expansión de los taxis eléctricos.

### **1.8 Sistema eléctrico de Guayaquil**

En lo que respecta al sistema de distribución eléctrica de la ciudad de Guayaquil, ésta se encuentra constituida por dos empresas distribuidoras de energía eléctrica: CNEL-GUAYAQUIL y CNEL-GUAYAS LOS RIOS. CNEL-GUAYAQUIL consta para la ciudad de Guayaquil con 39 subestaciones reductoras y 55 transformadores con una capacidad máxima total de 1296 MVA y CNEL-GUAYAS LOS RIOS consta para la ciudad de Guayaquil con 32 subestaciones reductoras y 37 transformadores con una capacidad máxima total de 616,50 MVA, dando así para la ciudad de Guayaquil una capacidad máxima total de 1912,50 MVA. [16]

## CAPÍTULO 2

### 2. METODOLOGÍA

Tomando a Loja como ejemplo de la problemática antes mencionada, en este capítulo se dará apertura a conocer una posible solución ante la falta de puntos de carga rápida correspondiente a la introducción de autos eléctricos en el mercado ecuatoriano. Se deberá estudiar el estrato social que puede acceder a los vehículos eléctricos y la proyección de venta de éstos en las ciudades de Guayaquil y Samborondón para conocer la demanda de los autos eléctricos y dimensionar una red de puntos de carga que cumpla las necesidades de los usuarios.

Así mismo, se analizarán los puntos de carga lenta y semi-rápida teniendo en consideración los lugares apropiados de ubicación. Al tener definidos los puntos estratégicos de emplazamiento, se deberá estudiar la red que alimentaría cada punto de carga tanto en Guayaquil como en Samborondón.

Para la implementación de estas electrolinerías y demás puntos de recarga es necesario conocer los requisitos de tránsito, del municipio y de la empresa eléctrica que garanticen un correcto funcionamiento. De igual manera se detallarán los costos de implementación que dichas instalaciones.

#### 2.1 Estrato social al que va dirigido

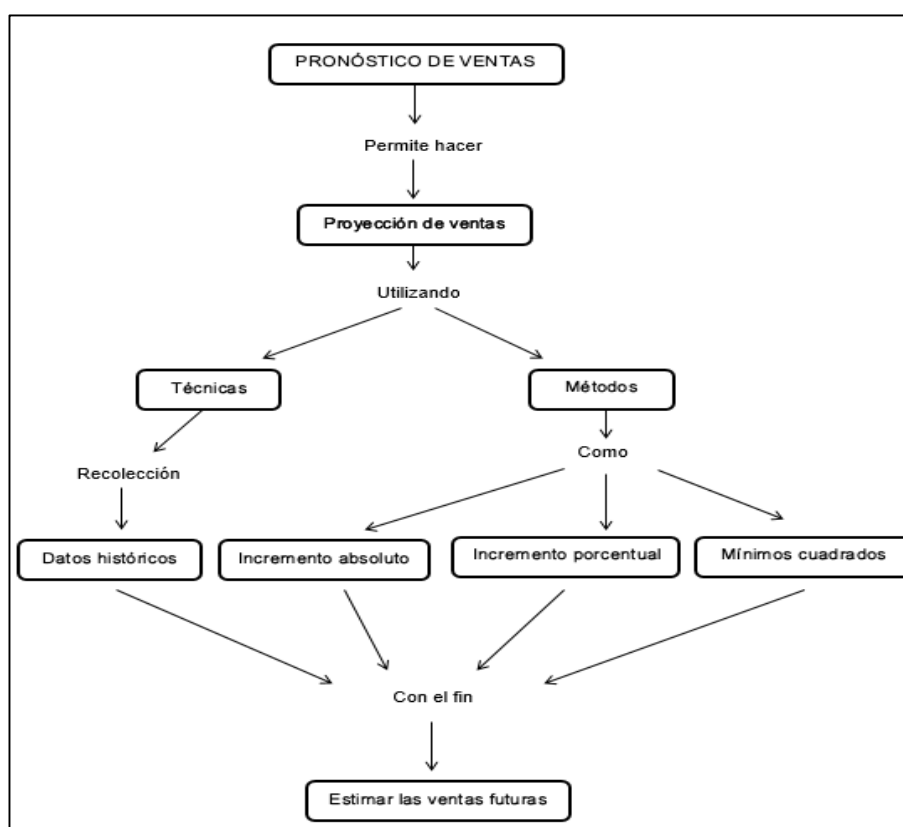
Para conocer la factibilidad de construcción de las electrolinerías es necesario conocer el público que estaría dispuesto a cambiar sus vehículos convencionales por vehículos eléctricos. De esta manera, se puede saber si los puntos de recarga rápida tendrán acogida por parte de los usuarios; por consiguiente, se realizaron encuestas (modelo de la encuesta adjuntada en Anexos I), como un posible medio para obtener información real de una fuente confiable.

El objetivo de la encuesta es conocer si los actuales consumidores de vehículos de combustión se encuentran interesados en cambiar a futuro sus vehículos convencionales por vehículos eléctricos o si existe inconveniente alguno con esperar 30 minutos que es lo que demora cargar un vehículo eléctrico a recarga rápida y si están dispuestos a instalar un punto de recarga semi-rápida en sus

domicilios a pesar de su alto costo de instalación con la finalidad de reducir el tiempo de recarga del vehículo, teniendo en consideración que la recarga lenta dura aproximadamente 8h.

## 2.2 Proyección de venta de vehículos eléctricos

Hay dos formas para hacer un pronóstico de ventas, y éstas se realizan utilizando técnicas con la recolección de datos históricos y métodos como incremento absoluto, incremento porcentual y mínimos cuadrados (ver figura 2.1); con la finalidad de realizar un estimado de cuántos puntos de recarga para vehículos eléctricos se deben instalar y así obtener una red de recarga que cumpla con las exigencias cotidianas de los usuarios y conocer el impacto de la entrada de vehículos eléctricos y vehículos híbridos enchufables, así como también, la acogida del público en las respectivas ciudades de Guayaquil y Samborondón.



**Figura 2.1: Diagrama de proyección de ventas**

### 2.2.1 Técnica: Datos históricos

Se realizaron visitas a concesionarias de vehículos con la finalidad de conocer el número de vehículos eléctricos y vehículos híbridos enchufables vendidos en años anteriores y del presente año (hasta junio).

#### TOYOTA

Aunque Toyota no cuenta con vehículos 100% eléctricos, tiene 3 modelos de vehículos híbridos enchufables, los cuales presentan una gran aceptación en los últimos años en la ciudad de Guayaquil y Samborondón, como se puede observar en el número de ventas en la tabla 2.

MODELOS	2012	2013	2014	2015	2016
PRIUS 1,8 HSD 3G AA	55	14	6	2	0
PRIUS 1,8 HSD 3G BB	0	0	0	0	0
PRIUS C sport	240	94	43	25	39
<b>TOTAL</b>	295	108	49	27	39

**Tabla 2: Vehículos híbridos enchufables vendidos TOYOTA**

#### KIA

La marca de autos KIA es la pionera en lanzar a la venta vehículos 100% eléctricos en el Ecuador en el año 2016, con el modelo Soul EV, y para incentivar la compra de estos vehículos instaló puntos de cargas totalmente gratuitos en importantes centros comerciales de la ciudad (San Marino y Mall del Sol). A pesar de esto, no ha tenido mucha acogida, tan solo vendiendo 2 autos de este tipo en la ciudad de Guayaquil y Samborondón, porque el consumidor piensa que es un auto exclusivo para paseo. Además de esto, KIA cuenta con dos modelos de



vehículos híbridos enchufables los cuales presentan un mayor número de ventas como se muestra en la tabla 3.

MODELOS	2013	2014	2015	2016	2017
NIRO AC 1.6 TA HYBRID	150	130	62	36	23
OPTIMA AC 2,0 TA HYBRID	102	86	40	23	15
SOUL EV	0	0	0	1	1
<b>TOTAL</b>	252	216	102	60	39

**Tabla 3: Vehículos eléctricos e híbridos enchufables vendidos KIA**

### BYD

BYD es la marca de auto más comprometida con la introducción de vehículos eléctricos al Ecuador creando varios planes para incentivar el uso del auto eléctrico y sus beneficios como el ahorro de dinero. Uno de esos planes se está llevando en la ciudad de Loja con los 50 taxis eléctricos. También tienen pensado incluir el mismo plan en Cuenca con 100 taxis eléctricos y en la ciudad de Guayaquil se proyecta implementar 450 taxis eléctricos para inicios del 2018.

#### 2.2.2 Método: Incremento absoluto

El método que se utilizará será el de incremento absoluto que permitirá conocer el número de vehículos que entrarán a Guayaquil y Samborondón durante los próximos años, este método consiste en calcular los incrementos o disminuciones dados en valores absolutos. Con esto, se consigue determinar un promedio, el cual es agregado al último dato obtenido para así llegar al respectivo pronóstico. [17, p. 10]

$$IA = Xu - Xo \quad (2.1)$$

En la ecuación 2.1 muestra como calcular el incremento absoluto, en donde: IA son los incrementos absolutos, Xu es el número de unidades del año de cálculo y Xo es el número de unidades del año base (anterior).

El promedio se lo calcula usando la ecuación 2.2:

$$Promedio = \frac{\sum IA}{n - 1}; \quad n = \text{número de años} \quad (2.2)$$

Las ventas pronosticadas para el año n+1 se calcula usando la ecuación 2.3:

$$Ventas = Promedio + \text{Número de unidades del año } n \quad (2.3)$$

### 2.3 Lugares potenciales para la ubicación de puntos de carga

Se han analizado los posibles lugares de ubicación de puntos de carga y se presenta lo siguiente:

#### 2.3.1 Puntos de carga rápida

Un aspecto que se debe tener en cuenta para la debida instalación de los determinados puntos de recarga rápida es que los lugares no deben encontrarse lejos de los centros de transformación para evitar pérdidas considerables por el uso de conductores demasiados largos. Se analizará de manera eficaz cada uno de estos lugares para las ciudades de Guayaquil y Samborondón. Entre esos lugares tentativos se encuentran las siguientes zonas:

Entrada/salidas de la ciudad de Guayaquil (en caso de realizar un viaje a otras ciudades).

Entrada/salidas de la ciudad de Samborondón (en caso de realizar un viaje a otras ciudades).

#### 2.3.2 Puntos de carga semi-rápida

Continuando con la modalidad de otros países que ya cuentan con el uso de puntos de recarga para vehículos eléctricos, la ubicación

apropiada en Guayaquil y Samborondón estaría en centros comerciales, parkings, concesionarias y en domicilios particulares que lo soliciten.

En la ciudad de Guayaquil los lugares serían:

Centros comerciales: Serán los más concurridos. Como ejemplo se tienen al centro comercial San Marino, Mall del Sol, Riocentro Norte, Mall del Sur, Riocentro Ceibos, City Mall.

Parkings: En el centro de la ciudad, lugares turísticos (Malecón 2000, Malecón del Salado, Las Peñas), parques comerciales (Parque Empresarial Colon, Parque Comercial California, etc).

En la ciudad de Samborondón los lugares serían:

Centros comerciales: Plaza Lagos, Village Plaza, Riocentro entre ríos, Las terrazas, La Piazza, Bocca.

### **2.3.3 Puntos de carga lenta**

La instalación de los puntos de carga lenta podrá realizarse en los domicilios que lo requieran y se tendrá en consideración que la toma de corriente utilizada para cargar el vehículo sea específicamente para ese fin.

## **2.4 Tipos de instalación de puntos de carga**

En esta sección se describirá los diferentes tipos de instalación que pueden existir para un punto de carga.

### **2.4.1 Instalación en viviendas**

En el caso de viviendas unifamiliares, para la recarga del vehículo eléctrico se instalará un circuito que únicamente tenga dicha finalidad. La potencia instalada se muestra en la tabla 4.

Vnominal [V]	Interruptor automático de protección al inicio del circuito [A]	Potencia instalada [W]	Estaciones de recarga por circuito
220	20	4400	1
	40	8800	de 1 a 2
	70	15400	de 1 a 3
	100	22000	de 1 a 4

**Tabla 4: Potencias instaladas en un circuito de recarga [8, p. 107472]**

Para evitar que el punto de carga instalado en la vivienda sea utilizado para otro fin que no sea recargar el vehículo eléctrico se tendría un sistema de identificación por radiofrecuencia (RFID) que ayudaría a identificar objetos que se encuentren a una distancia considerable sin tener la necesidad de que exista un contacto, ni siquiera de manera visual. Se requerirá lo que se entiende como etiqueta o tag RFID que específicamente consiste en un microchip que va adjunto a una antena de radio y que servirá para reconocer al elemento que sea portador de la etiqueta de forma única. [15, p. 1] El costo de este punto de carga incluido el RFID es aproximadamente de \$1532. En la figura 2.2 muestra el punto de carga que utiliza el sistema de identificación por radio frecuencia para tipo de carga lenta y semi-rápida.



**Figura 2.2: Puntos para carga lenta y semi-rápida usando tecnología RFID**

Otro método de identificación y bloqueo es el uso de un punto de carga que permita la comunicación con el vehículo eléctrico mediante un hilo piloto de comunicación integrado con un precio aproximado de \$1997. En esta situación cualquier otra carga que no tenga el mismo no podrá ser conectada al tomacorriente establecido. En la figura 2.3 muestra las principales características que emplea el punto de carga con verificación de conexión.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Referencia: OB94MM742316</li> <li>◦ Alimentación: Monofásico + Monofásico.</li> <li>◦ Corriente: 32 A + 10 / 16 A</li> <li>◦ Potencia: 7,4 kW + 2,3 / 3,7 kW</li> <li>◦ Uso: Uso mixto</li> <li>◦ Conector: EN 62196-2 Tipo 2 y UNE 20315-1-2</li> <li>◦ Modo de carga: Modos 1, 2 y 3 EN 61851-1</li> <li>◦ Comunicaciones: Con hilo piloto de comunicación / Sin comunicaciones / Con verificación de conexión a red</li> </ul>
---	--

**Figura 2.3: Punto de carga con verificación de conexión**

#### **2.4.2 Instalación en parqueos colectivos**

Los cables serán conducidos desde el cuadro de medidores hasta las vías principales de los parqueaderos, para posteriormente alimentar cada estación de recarga mediante derivaciones que no pasen los 20 m de longitud. [8]

Así mismo, se instalará un módulo de reserva (como mínimo) en donde se ubicará un medidor principal, teniendo el respectivo espacio para los determinados dispositivos de protección contra sobrecorrientes asociado al medidor mediante fusibles o interruptor automático. [8, p. 107473]

#### **2.4.3 Instalación de electrolineras**

Estas estaciones de recarga rápida, que en otros países se encuentran ubicadas en concesionarias, en los denominados depósitos municipales de vehículos eléctricos o en algunas otras estaciones que se encuentran destinadas a la recarga de éstos, serán supervisadas de manera cuidadosa por personal que se encuentre capacitado en cuanto a los riesgos que conlleva llevar un determinado mantenimiento continuo de los equipos eléctricos. [8, p. 107474]

## **2.5 Requisitos de tránsito, Empresa eléctrica y Municipio**

Ya se han especificado los lugares probables de ubicación de los puntos de carga y se ha detallado el diseño eléctrico para una electrolinera; a esto se suman varios requisitos que se deben cumplir para su respectiva instalación, como es el caso de la tarifa de carga detallada en el *Registro Oficial Órgano del Gobierno del Ecuador* aplicada para cargas instalada no superiores a 10kW y los requisitos de instalación y formas de pago impuestos por España que se pueden adaptar a Ecuador para cargas mayores a 10kW.

### **2.5.1 Requisitos de la Empresa Eléctrica**

#### **Tarifa de carga**

Una vez analizado el Esquema Tarifario propuesto, el Directorio de la Institución consideró varios puntos; como el establecimiento de una tarifa específica para los consumos de vehículos eléctricos contando con que el usuario disponga de un medidor de energía eléctrica exclusivo para este tipo de recarga con suministro independiente y que además contaría con tecnología Infraestructura de Medición Avanzada (AMI) [18], esta tecnología permitirá el manejo de tarifas dinámicas, monitoreo de calidad de la energía, control de carga y reducción de pérdidas. [19]

La tarifa por aplicar deberá considerar los periodos de demanda punta, media y base, generando incentivos de realizar la recarga en demanda base. El esquema tarifario considerará la remuneración por demanda y por comercialización y las facturas no incluirán valores por cobros de terceros. [18, p. 21]

En el pliego tarifario correspondiente a la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL) [20] se especifican las tarifas de carga a determinadas horas como se puede observar en la figura 2.4.

Rango de Consumo	Demanda (USD/kW)	Energía (USD/kWh)	Comercialización (USD/consumidores)
	4,050		1,414
L-V: 08h00 hasta 18h00		0,080	
L-D: 18h00 hasta 22h00		0,100	
L-D: 22h00 hasta 08h00		0,050	
SyD: 08h00 hasta 18h00			

**Figura 2.4: Cargos tarifarios para VE - CNEL Guayaquil [20, p. 10]**

En lo que corresponde a la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE) la tarifa subsidiada para vehículos eléctricos será de 0,05 US\$/kWh. [21] Esta tarifa en comparación con la tarifa cobrada en el sector residencial (ver figura 2.4) es menor, por lo que se pretende que el uso de la toma de corriente sea exclusivamente para la carga de vehículo eléctrico y no se conecten otras cargas.

Se muestra en la Figura 2.5 los cargos tarifarios de CNEL Guayaquil en los meses de junio a noviembre. Con estos datos se podrá comparar el consumo residencial con la tarifa del vehículo eléctrico cobrada en Loja de 0,05 US\$/kWh.

Rango de consumo	Demanda (USD/KW)	Energía (USD/KWh)	Comercialización (USD/consumidores)
Categoría			
0-50		0,078	Consumo de:
51-100		0,081	0-300 KWh/mes
101-150		0,083	1,414
151-200		0,097	301-500 KWh/mes
201-250		0,099	2,826
251-300		0,101	501-1000 KWh/mes
301-350		0,103	4,24
351-500		0,105	1001- Sup KWh/mes
501-700		0,1285	7,066
701-1000		0,1450	
1001-1500		0,1709	
1501-2500		0,2752	
2501-3500		0,4360	
Superior		0,6812	

**Figura 2.5: Cargo tarifario. Sector Residencial - CNEL Guayaquil [20, p. 9]**

Se obtendrá el consumo de una vivienda promedio teniendo un vehículo eléctrico para los siguientes casos; primer caso sin tomar en cuenta la tarifa diferenciada, es decir, se aplica la tarifa residencial al consumo energético del auto eléctrico, para el segundo caso al consumo energético proveniente de los vehículos eléctricos se aplicará la tarifa diferenciada.

Como lo indica el Ministerio de Energía el consumo actual de las viviendas con el estrato social analizado es de 500kWh [22] y el consumo mensual de un vehículo eléctrico resultaría ser de aproximadamente 227kWh. [23]

Se aplica la tarifa residencial al consumo del vehículo eléctrico los resultados se muestran en la tabla 5:

<b>N° de bloques de consumo</b>	<b>Rango de consumo</b>	<b>Costo de la energía</b>	<b>Cargo por consumos</b>
1	50	\$ 0,0780	\$ 3,900
2	50	\$ 0,0810	\$ 4,050
3	50	\$ 0,0830	\$ 4,150
4	50	\$ 0,0970	\$ 4,850
5	50	\$ 0,0990	\$ 4,950
6	50	\$ 0,1010	\$ 5,050
7	50	\$ 0,1030	\$ 5,150
8	150	\$ 0,1050	\$ 15,750
9	200	\$ 0,1285	\$ 25,700
10	27	\$ 0,1450	\$ 3,915
11	0	\$ 0,1709	\$ 0,000
12	0	\$ 0,2752	\$ 0,000
13	0	\$ 0,4360	\$ 0,000
14	0	\$ 0,6812	\$ 0,000
<b>Total</b>	<b>727</b>		<b>\$ 77,47</b>

**Tabla 5: Consumo eléctrico mensual de una residencia con la entrada del vehículo eléctrico (tarifa residencial)**

Si se tiene la tarifa diferenciada del vehículo eléctrico los resultados se muestran en la tabla 6.



N° de bloques de consumo	Rango de consumo	Costo de la energía	Cargo por consumos
1	50	\$ 0,0780	\$ 3,90
2	50	\$ 0,0810	\$ 4,05
3	50	\$ 0,0830	\$ 4,15
4	50	\$ 0,0970	\$ 4,85
5	50	\$ 0,0990	\$ 4,95
6	50	\$ 0,1010	\$ 5,05
7	50	\$ 0,1030	\$ 5,15
8	150	\$ 0,1050	\$ 15,75
9	0	\$ 0,1285	\$ 0,00
10	0	\$ 0,1450	\$ 0,00
11	0	\$ 0,1709	\$ 0,00
12	0	\$ 0,2752	\$ 0,00
13	0	\$ 0,4360	\$ 0,00
14	0	\$ 0,6812	\$ 0,00
	500		\$ 47,85
	227	\$ 0,0500	\$ 11,35
<b>Total</b>	<b>727</b>		<b>\$ 59,20</b>

**Tabla 6: Consumo eléctrico mensual de una residencia con la entrada del vehículo eléctrico (tarifa para los vehículos eléctricos)**

El consumo eléctrico con la tarifa diferencia es de \$59,20 mientras que el consumo eléctrico con la tarifa residencial es de \$77,47 obteniendo una diferencia de \$18,27.

Para el caso de cargas mayores a 10kW (recarga rápida), el pago se lo puede realizar mediante el sistema de lectura de tarjetas RFID como tecnología de identificación por radiofrecuencia utilizada para memorizar y leer la información almacenada en un chip, sin contacto directo. [7, p. 51] Una vez realizada la autenticación, se electrificará el punto de recarga elegido o asignado. El punto de carga transmite a un servidor la identidad del usuario y su consumo de energía.

### **Requisitos de instalación**

Los requisitos que se impondrían para carga rápida no han sido analizados actualmente en Ecuador; por esta razón, para una

electrolinera se hará uso de los requerimientos impuestos por el Boletín oficial del Estado de España:

Alimentación: Para los tres primeros modos de carga mencionados en el capítulo 1, el nivel de tensión se realizará a 220 [V]. En el modo de carga 4, el voltaje de entrada del convertidor de alterna a continua, podrá llegar hasta 400 V trifásicos en corriente alterna y la tensión de salida podrá llegar a 500 V en lo que respecta a corriente continua.

Sistemas de conexión del neutro: Con la finalidad de proteger contra posibles contactos indirectos. El reemplazo de estos sistemas sería el uso de una protección diferencial. [8, p. 107476]

Envolventes de conjunto de aparamenta: Los envolventes utilizados para la instalación, soporte y protección de aparamenta eléctrica cumplirían con el reglamento técnico ecuatoriano RTE INEN 057.

Canalizaciones: Las canalizaciones necesarias para la instalación de puntos de recarga deberán cumplir con los requerimientos de la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE-INEN 2486).

Puesta a tierra: De acuerdo a la norma NATSIM 2012.

Punto de conexión: En lo que respecta al punto de conexión, éste deberá estar ubicado cerca del sitio que se requiera dar alimentación, instalándose fijamente en una envolvente. Deberá tener una altura mínima determinada de instalación para las tomas de corriente y conectores que será de 0,6 m sobre el nivel del suelo. En caso de que la estación de recarga sea para uso público se tendrá que considerar una altura máxima de 1,2 m y en el caso de sitios con poca movilización, altura estará entre 0,7 m y 1,2 m. [8, p. 107477]

Contador con tecnología de Infraestructura de Medición Avanzada.

### 2.5.2 Requisitos de Tránsito y Municipio

A continuación, se indicarán los requerimientos básicos municipales y disposiciones legales de tránsito que involucrarían la instalación de una electrolinera:

Uno de los requerimientos más importantes para la instalación de electrolineras es la garantía de seguridad eléctrica que deben presentar las instalaciones a los usuarios debido a los grandes riesgos que pueda existir por las grandes corrientes que demandan. Entre las medidas de seguridad propias del reglamento de vela por la seguridad de los trabajadores contra riesgos eléctricos (Acuerdo no. 013) se encuentra que los operarios que estén expuestos a descargas electrostáticas deberán hacer uso de un calzado dieléctrico, guantes aislantes, manguitos aislantes, casco de seguridad aislante con barboquejo, así como también ropa que consiga evitar una acumulación de carga (algodón o lana como opciones). [24, p. 4]. Se deberán colocar medios de señalización como barreras protectoras que resulten ser eficientes y delimiten o indiquen el lugar de trabajo. [24, p. 5] Todo aparato o circuito que corresponda a la instalación eléctrica debe estar claramente identificado con rótulos o etiquetas, con el fin de evitar accidentes en el caso de realizar una operación equivocada. En cuanto a los conductores de puesta a tierra y el neutro deben ser identificados claramente sin que haya oportunidad de confusión entre ellos. [24, p. 2]

Se deberá cumplir con la ordenanza que regula y controla las edificaciones y construcciones urbanas y obtener permiso de bomberos para el funcionamiento de la electrolinera. [25] Así mismo, se cumplirán las normativas en lo que respecta a niveles de contaminación acústica y evacuación de residuos. [26]

Las instalaciones de las electrolineras deberán constar con la adecuada señalética de tránsito y de seguridad (ver figura 2.6) para conocer sobre la ubicación de la electrolinera más cercana y para evitar accidentes.

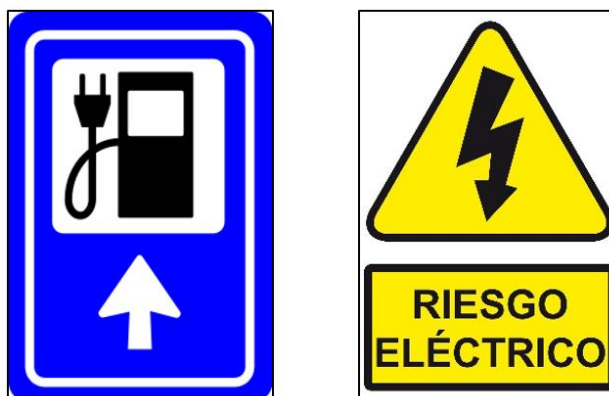


Figura 2.6: Señaléticas usadas

## 2.6 Principales productos utilizados en los diferentes puntos de recarga

### 2.6.1 Punto de carga en viviendas

Para instalar un punto de recarga doméstico se usará el denominado Wall-box (conocido así al punto de carga) que incluirá la toma de corriente para carga lenta y la toma de corriente para carga semi-rápida, además de los dispositivos de protección como: dispositivo diferencial, dispositivo de protección contra sobretensiones, contactor para horas valle y un dispositivo de deslastrado de cargas, como se presenta en la figura 2.7.



Figura 2.7: Productos para puntos de carga en vivienda

### 2.6.2 Punto de carga en parqueaderos subterráneos

Para instalar un punto de recarga en los centros comerciales de Guayaquil y Samborondón se hará uso de puntos de carga de pared con la finalidad de ahorrar espacio. Éstos son resistentes a actos vandálicos y aumentan su seguridad mediante un obturador bloqueable para la toma de corriente; además, cuentan con unos indicadores luminosos que informan al usuario del estado del punto de carga con facilidad de uso de la pantalla y teclado. Se incorporará todo lo necesario para la recarga, identificación de abonados y gestión remota. [27, p. 33]

También se usará un terminal de pago que estará enlazado con un punto de carga, mismo que gestiona conjuntamente el aparcamiento y la recarga. Incluirían pantalla y teclado para interactuar con el usuario, un lector de tarjetas RFID y, opcionalmente, una completa interfaz de pago para tarjetas de crédito y metálico [27]. Con respecto a la alimentación, será proveniente del techo mediante canalizaciones que desembocarán en un cuadro de distribución.

Se usará un software de gestión y servicios web que ayudaría a gestionar la energía, a gestionar abonados con tarjetas RFID, a revisar facturas y gestionar flotas (intervendría en la administración y logística de un conjunto de vehículos) y supervisión del sistema. [27, p. 12]

En la figura 2.8 se pueden observar los productos usados para la instalación de un punto de carga ubicado en aparcamientos subterráneos.



**Figura 2.8: Productos para aparcamientos subterráneos**

### 2.6.3 Punto de carga en parqueaderos al aire libre

Las instalaciones de los puntos de recargas en parkings al aire libre tendrán en consideración puntos de carga que estarán montados preferiblemente de pie, protegidos contra los elementos y con alimentación subterránea. Cuentan con lector de tarjetas RFID para conseguir identificar al cliente, un medidor de potencia y energía, un sistema que permite bloquear la toma de corriente para evitar que sea usada sin autorización e indicación de estado de carga por medio de LEDs. [28, p. 39] Se considerará el uso de terminales de pago como en los aparcamientos subterráneos, así como también un cuadro de distribución y un software de gestión y servicios web.

La figura 2.9 muestra cómo se encuentra estructurado un punto de carga ubicado en parqueos al aire libre.



**Figura 2.9: Productos para aparcamientos al aire libre**

#### 2.6.4 Punto de carga en electrolineras

En el caso de las electrolineras, se contará con un punto de recarga rápida de tensión dual 500V/125A en corriente continua y 400V/63A en corriente alterna o simplemente un punto de recarga en corriente continua con conector CHAdeMO, un software de gestión y servicios web y un tablero de distribución de baja tensión y alta capacidad.

El tablero de distribución aportaría con las siguientes funciones: alimentación y protección de los diferentes puntos de carga, gestión en cuanto a prioridades de recarga, gestión en caso de fallos, comunicación con el servidor y gestión de energía. [27, p. 12]

La figura 2.10 muestra los productos que conforman un punto de carga rápida desde la acometida de baja tensión. Se tiene el punto de recarga rápida con tensión dual hasta el sistema de gestión de flotas.



**Figura 2.10: Productos para electrolineras**

## 2.7 Requisitos de diseño de una electrolinera

Los requisitos de diseño tienen como finalidad cumplir con las necesidades del cliente, proteger los elementos que conforman la electrolinera y cuidar la integridad física de los usuarios. Estos requisitos analizan la instalación eléctrica, tanto en media tensión como en baja tensión.

Se detallan a continuación los requisitos para la línea de entrada de media tensión, el centro de transformación, la red eléctrica en baja tensión y el punto de carga.

### 2.7.1 Línea de entrada de media tensión

La línea que llegará al centro de transformación se conectará con otra línea de alimentación existente. La línea no tendría una longitud que provoque caídas de tensión considerables

La acometida en media tensión normalmente será subterránea salvo en los sectores que tengan calles no pavimentadas o existan zanjas en ellas para drenaje y las aceras que aún no hayan sido construidas. En cuanto a la entrada de los conductores a la acometida, deberá usarse

tubería que sea metálica y para uso eléctrico de 4 pulgadas de diámetro. [13, p. 43]

Los conductores con aislamiento y sus accesorios utilizados en la instalación eléctrica de media tensión deberán cumplir con las normas RTE-INEN 021 (Conductores y alambres para uso eléctrico con material termoplástico) y RTE-INEN 236 (Cables de potencia aislados).

En lo que respecta a las canalizaciones subterráneas, para el proceso de realizar una excavación se deberá contar con una previa autorización del distribuidor, municipalidad y otras empresas de servicios básicos. Las que se realicen en aceras y cruces de calles tendrán como mínimo dos ductos de 110mm de diámetro cada uno, hecho de material PVC específicamente para uso eléctrico y que cumpla con las respectivas normas INEN 1869 y 2227 [13, p. 43]. Por seguridad se instalarán con recubrimiento de hormigón. La acometida de media tensión a la entrada que vaya a ser instalada junto al poste y las que vayan a ingresar al cuarto de transformadores se construirá con el uso de tubería metálica rígida que tenga certificación de uso eléctrico. [13, p. 43]

Se debe considerar que las líneas tienen que estar protegidas contra los efectos térmicos y dinámicos que puedan ser generadas por las sobrecargas o sobrecargas susceptibles y que provocarían daño a los elementos que conforman la instalación eléctrica.

Los conductores deberán estar protegidos contra sobretensiones peligrosas, así el origen sea interno o atmosférico. En cuanto a esto se usarán pararrayos de resistencia variable o pararrayos de óxidos metálicos con características específicas en función de las intensidades de corriente a tierra posibles que puedan ser prevenidas en caso de sobretensión.

En los extremos de la línea subterránea, se deberá colocar un dispositivo que permita conectar a tierra los cables en caso de que se requiera realizar un reparo por averías o mantenimientos, con el fin de evitar accidentes.



### **2.7.2 Centro de transformación**

El cuarto de transformadores [13, p. 43] deberá estar ubicado en planta baja, en un sitio de fácil y libre acceso al personal de la compañía distribuidora para poder realizar las respectivas inspecciones o reparaciones que resulten ser de emergencia en los transformadores.

La acometida al centro de transformación será subterránea, una red de media tensión alimentará al centro de transformación, el suministro de energía se efectuará a una tensión de servicio 13.8 KV y una frecuencia de 60 Hz.

Las estaciones de recarga de vehículos serán alimentadas a un nivel de tensión de 400V. Las áreas de servicio y sistema de iluminación tendrán un nivel de tensión de 220/127V.

Los transformadores que alimentará a las estaciones de recarga y los demás servicios, deberán constar con el equipo de protección necesario y el equipo de seccionamiento en el lado primario del transformador, el cual consiste en una caja fusible de 100A 15kV y un pararrayo de 10kV en cada fase de alimentación, los cuales serán instalados en el poste de arranque si la red es aérea y si la acometida es subterránea el alimentador arrancará desde un módulo "ropero" con fusibles tipo NX ubicados en el centro de transformación. [13, p. 42]

Deberá estar conectado a tierra el neutro del transformador, el tanque, canaletas metalizas utilizadas para la acometida y los circuitos de baja tensión y los equipos de medida.

### **2.7.3 Red eléctrica de baja tensión**

La energía se suministrará a 220/127 V y a 400V, procedentes del centro de transformación y propiedad del cliente.

Las canalizaciones deberán instalarse por terrenos de dominio privado y en zonas delimitadas. El trazado lo más rectilíneo posible, podrán ser referenciadas con líneas de fachadas o bordillos. No se permitirán canalizaciones que crucen predios o propiedades contiguas.

Los elementos de protección utilizados para los circuitos de baja tensión tendrán que cumplir la Norma RTE-INEN 091 (Conmutadores. Aparatos de conmutación de bajo voltaje).

Los medidores de energía deben estar ubicados en lugar de fácil acceso para facilitar la toma de medidas periódicas de las lecturas que marquen los contadores.

#### **2.7.4 Punto de carga**

Se usa el Modo de Carga 4 con cargador externo al vehículo eléctrico de hasta 200A, conexión Caso C, con un conductor y conector unidos a la estación de recarga regulado por el protocolo CHAdeMO, registrado como un protocolo de recarga de baterías para vehículos eléctricos que emplea corriente continua de alto voltaje a través de un conector eléctrico, puede suministrar hasta 62.5 KW. [16, p. 27] El proceso de carga rápida CHAdeMO se inicia con intensidades altas de hasta 110 A. Cuando la recarga alcanza un 54% la corriente comienza a disminuir de modo que cuando se llega al 80% la intensidad es de unos 44 A y cuando la recarga alcanza el 92% la intensidad es de 14 A. [17, p. 26]. Además, se tiene el Sistema de Alimentación del Vehículo Eléctrico que debe cumplir las funciones mencionadas en el Capítulo 1.

### **2.8 Dimensionamientos para la implementación de una electrolinera.**

Es de suma importancia conocer un aproximado de lo que se tendría de demanda para el diseño e implementación de cada electrolinera. Por tal motivo, se detalla a continuación cada punto a considerar para llevar a cabo la construcción de electrolineras en las ciudades de Guayaquil y Samborondón.

A continuación se detalla el dimensionamiento de la demanda aproximada de una electrolinera, la red de media tensión subterránea, la intensidad nominal máxima de la red, la caída de tensión, la máxima transferencia de potencia, el centro de transformación, corrientes de cortocircuito y las protecciones del centro de transformación.

### 2.8.1 Demanda aproximada de una electrolinera

Generalizando los dimensionamientos, se supondrá que cada electrolinera cargará  $n$  autos eléctricos y que a la vez se contará con dos locales, uno en donde se encontrará la persona encargada de la electrolinera y punto de pago; y otro para beneficio de los usuarios. Éstos tendrán determinadas áreas con la cuales se podrá realizar un aproximado sobre la demanda de los mismos tomando criterios.

Se toma como región la Costa y se tendrán valores dependiendo del área. Los valores en Costa y Sierra varían debido a que cada local además de la iluminación contará con climatización. (Ver tabla 7)

Para el caso de iluminación exterior, el valor de la eficiencia energética de la instalación sería de  $1W/m^2$  por cada 100 luxes de acuerdo al REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 069 “ALUMBRADO PÚBLICO”. Cada aparcamiento contará con 75 luxes y la zona de circulación de vehículos será de 150 luxes. [29]

CÓDIGO	1	2
CRITERIOS DE DISEÑO	CRITERIO	CRITERIO
TIPO DE REGIÓN	COSTA	SIERRA
$A \leq 25$	300	195
$25 < A \leq 35$	250	162,5
$35 < A \leq 100$	200	130
$100 < A \leq 180$	180	117
$A > 180$	130	84,5

**Tabla 7: Criterios de la empresa COELTEC S.A. para estimación de demanda**

Se tomará un máximo de 62.5kW para la potencia de los cargadores con un rendimiento del 80% para evitar su desgaste. Para calcular la potencia instalada por los cargadores se utiliza la ecuación 2.4.

Para calcular la potencia instalada de los locales de la electrolinera se utiliza la ecuación 2.5, y para calcular la potencia de la iluminación exterior se utiliza la ecuación 2.6.

$$P_{cargadores} = n * 62,5kW * 0,8 \quad (2.4)$$

$$P_{local} = \text{valor del criterio} * \text{área} \quad (2.5)$$

$$P_{iluminación exterior} = 1 \frac{W}{m^2} \text{ por cada } 100 \text{ luxes} * \text{área} \quad (2.6)$$

La demanda total de la electrolinera será calculada con la ecuación 2.7:

$$P_{electrolinera} = P_{cargadores} + P_{local 1} + P_{local 2} + P_{iluminación exterior} \quad (2.7)$$

Con la potencia instalada de la electrolinera se puede obtener la capacidad del transformador que se usará. Para esto, se buscará un transformador comercial que multiplicado por un factor de potencia de 0,92 dé como resultado una potencia activa mayor a la potencia de la electrolinera, con la finalidad de tener una reserva en caso de que aumente la demanda por futuras cargas adicionales.

### 2.8.2 Intensidad nominal máxima de la red de media tensión y baja tensión

La acometida de instalación para cada electrolinera será una línea que comenzará en una acometida aéreo-subterránea, y tendrá una longitud cercana al centro de transformación. Dicho punto de entronque se caracterizará por estar a una tensión de suministro de 13.8 kV y a una frecuencia de 60 Hz.

Estando en el centro de transformación, la salida de baja tensión del transformador es de 400 V y acomete a un cuadro general de distribución.

Teniendo la capacidad del transformador, el voltaje de la red y un factor de potencia ( $\cos\varphi$ ) de 0,92 se calculará la intensidad nominal para el diseño de cada electrolinera de la siguiente manera:

$$P = S_{trafo} * \cos\varphi \quad (2.8)$$

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi} \quad (2.9)$$

En donde  $I_n$  es la intensidad nominal máxima de la red en [A],  $P$  es la potencia activa en [kW],  $V$  es el voltaje de la red en [V] y  $\cos\varphi$  es el factor de potencia de la red.

Para calcular la corriente que pasaría por las derivaciones que salen del cuadro general de distribución a cada una de las cargas como: alumbrado exterior, locales de servicio, cargadores; se hace uso de la ecuación (6) con la diferencia que la potencia activa  $P$  utilizada será la potencia de cada uno de los circuitos.

### 2.8.3 Caída de tensión

La caída de tensión en el tramo subterráneo, se calcularía en función de la impedancia total de la línea, es decir, depende de su resistencia y su reactancia (ver ecuación 2.10): [7, p. 90]

$$\Delta V = \sqrt{3} * I_n * L * (R_L * \cos\varphi + X_L * \sen\varphi) \quad (2.10)$$

En donde  $\Delta V$  es la caída de tensión en el tramo subterráneo en [V],  $I_n$  es la intensidad nominal máxima de la red en [A],  $L$  es la longitud de la línea subterránea en [m],  $R_L$  es la resistencia por fase de la línea subterránea en [ $\Omega$ /km],  $X_L$  es la reactancia por fase de la línea subterránea en [ $\Omega$ /km] y  $\varphi$  es el ángulo de desfase en grados.

Se requiere que la caída de tensión no supere el 5% según el nivel de voltaje y lo establecido en el NEC. Por tal motivo, para el cálculo de la caída de tensión en cuanto a porcentaje se tiene la ecuación 2.11:

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{V} * 100\%$$

$$\Delta V\% = \frac{\sqrt{3} * I_n * L * (R_L * \cos\varphi + X_L * \sen\varphi)}{V} * 100\% \quad (2.11)$$

En donde  $\Delta V\%$  es el porcentaje de caída de tensión en el tramo subterráneo [%],  $L$  es la longitud de la línea subterránea en [km],  $V$  es el voltaje de la red subterránea en [kV],  $R_L$  es la resistencia por fase de la línea subterránea en [ $\Omega$ /km],  $X_L$  es la reactancia por fase de la línea subterránea en [ $\Omega$ /km] y  $\varphi$  es el ángulo de desfase en grados.

#### 2.8.4 Máxima transferencia de potencia

La potencia máxima que podría transportar la línea dependería de la capacidad máxima del conductor y de la caída de tensión a lo largo del recorrido que no debería pasar el 5%. Se tiene la ecuación 2.12 para el cálculo respectivo.

$$P_{Lm\acute{a}x} = \sqrt{3} * V * I_{Lm\acute{a}x} * \cos\varphi \quad (2.12)$$

En donde V es el voltaje de la red en [KV], PLmáx es la potencia máxima a transportar el conductor en [kW], ILmáx es la intensidad máxima admisible por el conductor en [A] y  $\cos\varphi$  es el factor de potencia.

Al tomar en consideración la caída de tensión los parámetros serían los que se muestran en la ecuación 2.13:

$$P_{Lm\acute{a}x} = \frac{V^2 * \cos\varphi}{(R_L * \cos\varphi + X_L * \sen\varphi) * L} * \frac{\Delta V\%}{100\%} \quad (2.13)$$

En donde PLmáx es la potencia máxima a transportar el conductor en [kW], V es la tensión de la red en [kV],  $\Delta V\%$  es la caída de tensión en el tramo subterráneo en el peor de los casos [5%], L es la longitud de la línea subterránea en [km], RL es la resistencia por fase de la línea subterránea en [ $\Omega$ /km], XL es la reactancia por fase de la línea subterránea en [ $\Omega$ /km] y  $\varphi$  es el ángulo de desfase en grados.

#### 2.8.5 Centro de transformación

La red subterránea contará con un centro de transformación que tendrá un transformador trifásico dimensionado para su respectiva demanda con una relación de transformación de 13800/400 [V] y un transformador monofásico de 400/220 [V].

##### Intensidad de alta tensión del transformador

La intensidad de corriente para el lado primario del transformador se calculará mediante la ecuación 2.14:

$$I_{AT} = \frac{S_{trafo}}{\sqrt{3} * V_P} \quad (2.14)$$

En donde  $I_{AT}$  es la intensidad de corriente primaria en [A],  $S_{trafo}$  es la potencia del transformador en [kVA] y  $V_P$  es el voltaje primario en [kV]

### **Intensidad de baja tensión del transformador**

Se usará la ecuación 2.15 para el cálculo de la intensidad de corriente en el lado secundario del transformador, como sigue:

$$I_{BT} = \frac{S_{trafo}}{\sqrt{3} * V_S} \quad (2.15)$$

En donde  $I_{BT}$  es la intensidad de corriente primaria en [A],  $S_{trafo}$  es la potencia del transformador en [kVA] y  $V_P$  es el voltaje secundario en [kV].

### **2.8.6 Protecciones del centro de transformación**

Como regla general, los transformadores menores a 500 kVA se encuentran protegidos por fusibles. Éstos contarán con la debida protección y seccionamiento en el lado primario. Las protecciones con interruptores automáticos de MT (Media Tensión) se utilizan para los transformadores de más de 500 kVA, los cuales estarán instalados en celdas de media tensión. [13, p. 42]

Para la protección del lado secundario se tendrá un disyuntor principal que protegerá los circuitos derivados y cada uno de éstos contará con sus respectivos disyuntores parciales dentro del cuadro de distribución de baja tensión. [13, p. 41]

#### **Fusibles**

La intensidad nominal del fusible de alta tensión depende de la curva de fusión (Anexos III) y normalmente está comprendida entre 2 y 3 veces la intensidad nominal del transformador protegido. La ecuación 2.17 muestra el cálculo del coeficiente K. [30, p. 48]

$$K = \frac{I_f}{I_n} \quad (2.17)$$

En donde  $I_f$  es la intensidad nominal del fusible,  $I_n$  es la intensidad nominal del transformador en el lado de alta tensión y  $K$  es el valor de la curva (entre 2 y 3).

La Tabla 8 permite elegir la intensidad nominal del fusible dependiendo de la capacidad del centro de transformación y la tensión.

Con el valor de la intensidad nominal del fusible, se deben cumplir las siguientes condiciones:

$$I_n < I_f < I_c \quad (2.18)$$

$$I_2 < 1.45 * I_c \quad (2.19)$$

$$I_2 = x * I_f \quad (2.20)$$

En donde  $I_n$  es la intensidad nominal de la instalación,  $I_c$  es la intensidad admisible por el conductor,  $I_f$  es la intensidad nominal del fusible e  $I_2$  es la intensidad que garantiza el correcto funcionamiento de la protección o también denominada corriente convencional de fusión.

TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS								
TRANSFORMADOR (KVA)	TENSIÓN PRIMARIA						TENSIÓN SECUNDARIA	
	22.8 KV		13.8 KV		6.3 KV		121* 210 V	
	$I_n$	FUSIBLE	$I_n$	FUSIBLE	$I_n$	FUSIBLE	$I_n$	FUSIBLE
30	0.76	2H	1.31	3H	2.75	5H	82.48	63
45	1.14	3H	1.97	5H	4.12	10K	123.71	100
50	1.26	3H	2.19	5H	4.58	10K	137.46	125
75	1.89	5H	3.28	8K	6.87	15K	206.19	160
100	2.53	6H	4.37	10K	9.16	15K	274.92	224
112.5	2.84	6H	4.92	10K	10.31	20K	309.29	224
125	3.16	6H	5.47	12K	11.46	20K	343.65	250
150	3.79	8K	6.56	12K	13.75	25K	412.38	400
180	4.55	8K	7.87	15K	16.5	25K	494.86	400
200	5.05	10K	8.75	15K	18.33	30K	549.84	500
225	5.68	12K	9.84	20K	20.62	40K	618.57	500
250	6.31	15K	10.93	20K	22.91	40K	687.3	600
300	7.58	15K	13.12	25K	27.49	65K	824.76	600
315	7.95	15K	13.78	25K	28.87	65K	866	630
400	10.1	20K	17.49	40K	36.66	65K	1099.68	800
500	12.63	25K	21.87	40K	45.82	100HCC	1374.6	INTER. TERMOMAGNÉTICO
630	15.91	30K	27.55	65K	57.73	100HCC	1732	INTER. TERMOMAGNÉTICO
750	18.94	50K	32.8	65K	68.73	100HCC	2061.91	INTER. TERMOMAGNÉTICO
800	20.2	50K	34.99	65K	73.31	100HCC	2199.37	INTER. TERMOMAGNÉTICO
1000	25.25	65K	43.74	80K	91.64	160HCC	2749.21	INTER. TERMOMAGNÉTICO

Figura 2.11: Fusibles limitadores para Centros de transformación [31]



La desigualdad 2.19 expresa que los cables conductor de electricidad tienen la capacidad de resistir sobrecargas transitorias que no sean permanentes y sin deteriorarse hasta un porcentaje de 145% de la corriente máxima admitida térmicamente y sólo entonces los fusibles actuarán, fundiéndose si durante el tiempo convencional se sigue manteniendo la corriente convencional de fusión. [32, p. 3]

La igualdad 2.20 es la condición para que el fusible proteja correctamente la instalación e indica que teniendo la intensidad nominal del fusible que funde en determinado número de horas, la corriente  $I_2$  sería igual a  $x$  veces su  $I_f$  y debe ser menor a 1,45 de la intensidad admisible del conductor. La tabla 8 permite elegir el tiempo y la corriente convencional de fusión teniendo la corriente nominal del fusible.

<b>If (A)</b>	<b>Tiempo convencional (h)</b>	<b>I2 Corriente convencional de fusión</b>
<b><math>I_f \leq 4</math></b>	1	2.1 $I_f$
<b><math>4 &lt; I_f \leq 16</math></b>	1	1.9 $I_f$
<b><math>16 &lt; I_f \leq 63</math></b>	1	1.6 $I_f$
<b><math>63 &lt; I_f \leq 160</math></b>	2	1.6 $I_f$
<b><math>160 &lt; I_f \leq 400</math></b>	3	1.6 $I_f$
<b><math>400 &lt; I_f</math></b>	4	1.6 $I_f$

**Tabla 8: Corriente del fusible - Tiempo y Corriente de fusión [32, p. 4]**

### **Interruptor en el lado primario del transformador**

Para el caso de ser un interruptor el que se encuentre protegiendo al lado de alta tensión del transformador se tomará la corriente de cortocircuito como dato principal para hallar el interruptor adecuado.

### **2.8.7 Filtros de armónicos**

Debido a que la electrolinera está conformada por cargas no lineales que distorsionan claramente las formas de onda de voltaje y corriente, se ve en la necesidad de instalar filtros de armónicos para así mejorar la forma de onda que se entrega a la red.

Se instalará un filtro pasivo que se compone de un condensador C que proporciona la mayoría de potencia reactiva del filtro, en serie con un inductor y una resistencia de bajo valor. Este filtro logra sintonizarse a la frecuencia que se requiere eliminar, es decir para esta frecuencia, la reactancia inductiva y la reactancia capacitiva se hacen iguales y por lo tanto se anula.

Para la implementación del filtro de armónicos se toma como dato primarios la potencia reactiva deseada de la fundamental ( $Q_{cn}$ ) y el factor de calidad (Q).

La impedancia de este filtro para la frecuencia se calcula como se presenta en la ecuación 2.21:

$$Z = R + j ( n * X_l - X_c/n ) \quad ( 2.21 )$$

En donde Z es la impedancia del filtro, R es la resistencia de filtro en ohm, n es la frecuencia de sintonía en por unidad,  $X_l$  reactancia inductiva en ohm,  $X_c$  reactancia capacitiva en ohm.

Donde la determinada reactancia capacitiva se la calcula en función de la potencia reactiva a la frecuencia fundamental. Ver ecuación 2.22 para el respectivo cálculo.

$$X_c = \frac{V_n^2}{Q_{cn}} \quad ( 2.22 )$$

La reactancia inductiva se calcula según la ecuación 2.23:

$$X_l = \frac{X_c}{n^2} \quad ( 2.23 )$$

La resistencia se calcula en función del factor de calidad. Ver ecuación 2.24 para el cálculo respectivo.

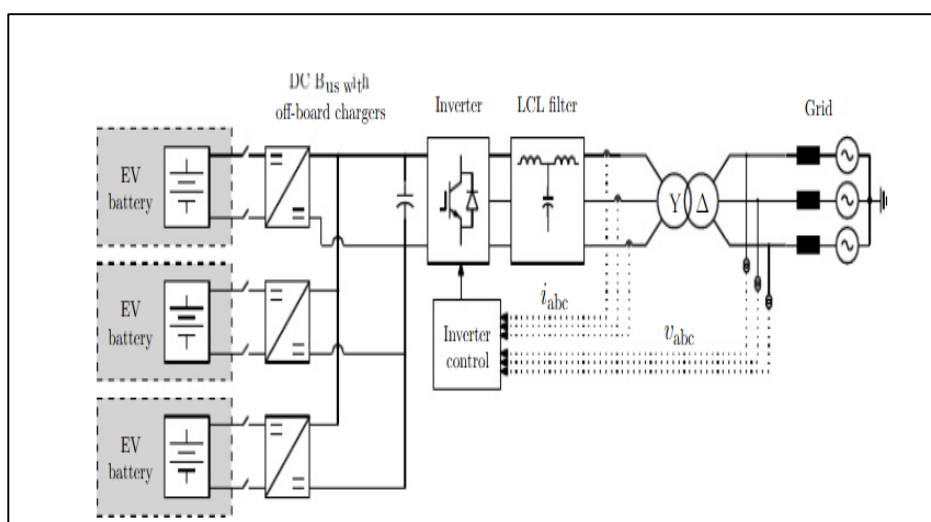
$$R = \frac{n * X_l}{Q} \quad ( 2.24 )$$

## 2.9 Modelado de una estación de carga de VE para carga rápida en CC

Para realizar un análisis de cuánta distorsión armónica inyecta la estación de carga rápida hacia la red de distribución, es necesario analizar el modelo que represente el comportamiento eléctrico de la estación de carga rápida en DC conectado a una red de distribución.

Este modelo se encuentra estructurado como se muestra en la *Figura 2.12*. Consta de 6 partes: la red de distribución, el centro de transformación, el filtro LCL, convertidor AC/DC, convertidor DC/DC y la batería.

La alimentación de la estación de carga proviene de la red de distribución a un nivel de voltaje de 13800 [V] a 60 [Hz], el cual pasa por un centro de transformación que reduce el voltaje de corriente alterna a 400 [V] (voltaje con el que funciona la estación de carga). A continuación estará ubicado el filtro LCL cuya función es reducir armónicos que la estación de carga inyecta a la red. El voltaje necesita transformarse de corriente alterna a corriente directa para ello se instala un convertidor AC/DC, a la salida del convertidor el voltaje continuo tendrá un rizo bastante pronunciado para lo cual se instalará un filtro capacitivo para reducir el rizo. Finalmente, el voltaje pasa por un convertidor DC/DC boost que estará encargado de elevar el voltaje DC de 400 [V] a 500[V], el cual será el voltaje que alimentará a la batería. Ver ejemplo en la figura 2.12.



**Figura 2.12: Modelo de estación de carga rápida DC [33]**

## 2.10 Impacto en el voltaje debido a la entrada de electrolineras

Para el análisis del impacto en el voltaje será necesario obtener el recorrido de la línea de alimentación con las respectivas cargas y la subestación más cercana al lugar donde estaría ubicada cada electrolinera. Se hará uso del simulador CYMEDIST que permitirá obtener en tiempos la variación de voltaje.

Dicho software reconoce datos en cuanto a elementos que conforman una determinada red de distribución, como lo son: impedancias de los transformadores de distribución correspondientes a cada nodo del sistema así como también sus potencias, la capacidad de corriente máxima que soportan las líneas de distribución del sistema y las impedancias de éstas, los datos de las cargas que se encuentran conectadas a cada transformador del alimentador que esté siendo analizado y la capacidad de la subestación presente en la zona elegida a poner cada electrolinera.

Se presentarán varios escenarios. En el primer escenario sólo se supondrá la carga de un vehículo, en el segundo escenario se tendrían dos vehículos cargando y así se aumentarían escenarios hasta llegar a la propuesta de este documento de 4 vehículos.

En cada escenario se busca conocer cómo se ha afectado a la red en cuanto a la entrada de estas electrolineras al momento de entrar en funcionamiento, verificando la variación de voltaje y el THD de la red.

Los voltajes, potencias, corrientes y pérdidas deben estar dentro de valores permitidos. En cuanto a las caídas de tensión, éstas podrán ser observadas en el perfil de tensión de cada alimentador. Se debe conocer la cargabilidad de las líneas, así como también, la cargabilidad de los transformadores de distribución, esto ayudaría a saber si el sistema soportaría un aumento de carga a futuro.

## CAPÍTULO 3

### 3. ELECTROLINERAS EN GUAYAQUIL Y SAMBORONDÓN

En este capítulo se mostrarán los resultados finales que determinan la mejor ubicación y cantidad de electrolineras pertenecientes a la ciudad de Guayaquil y Samborondón cumpliendo con los requisitos mostrados en el capítulo anterior.

Se presentarán los respectivos esquemas de cada punto de carga y teniendo el diseño completo se detallarán los costos de implementación que implica cada instalación. Así mismo, se simulará la carga de los vehículos eléctricos en MATLAB Simulink con un modelo ya existente y con la ayuda del simulador CYMDIST, que analiza las redes de distribución, se observará cómo afecta a la red en cuanto al voltaje una vez que entren en funcionamiento las electrolineras.

#### 3.1 Resultado de encuestas

Para conocer una estimación en cuanto al grado de aceptación que tendrían los autos eléctricos en la ciudad de Guayaquil y Samborondón se realizaron encuestas (Anexos I) a 36 personas que poseían al menos un vehículo, éstas pertenecientes a la clase social alta y clase social media alta. La técnica utilizada permite obtener información real y directa de la fuente principal.

A continuación, se encuentran detallados los resultados de las encuestas mediante un gráfico de barras.

a) ¿Cuántos vehículos posee usted?

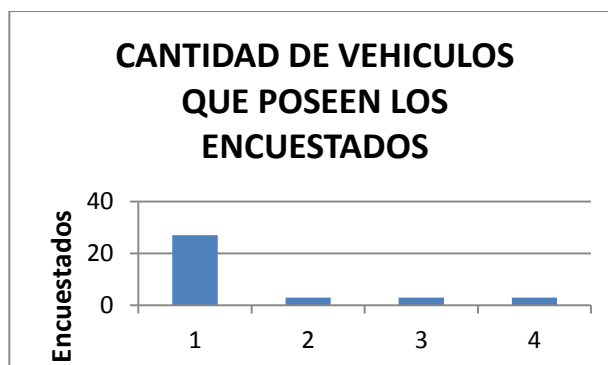
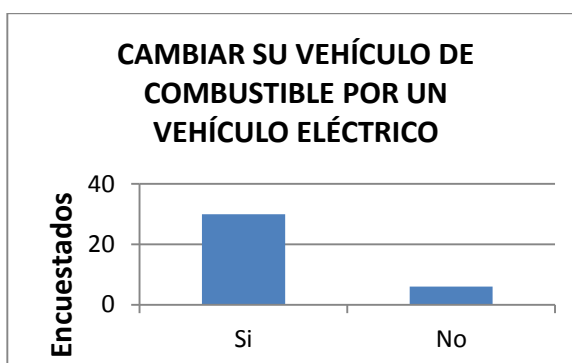


Figura 3.1: Cantidad de vehículos tradicionales que poseen los encuestados

De la Figura 3.1, 27 personas de los 36 encuestados poseen al menos 1 vehículo en sus domicilios, 3 personas tienen 2 vehículos en sus viviendas, 3 personas tienen 3 vehículos en sus domicilios y 3 personas poseen 4 vehículos en sus hogares.

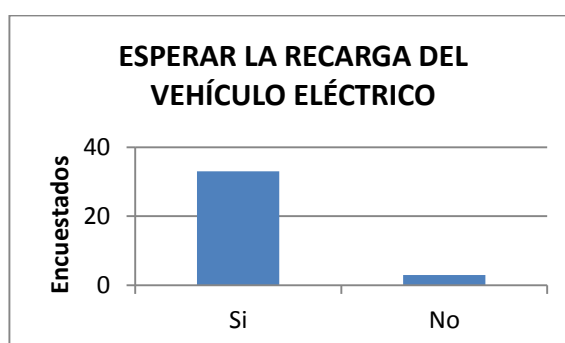
- b) ¿Estaría usted dispuesto a contribuir con el medio ambiente cambiando su vehículo de combustible por un vehículo eléctrico?



**Figura 3.2: Número de encuestados que estarían dispuestos a cambiar sus vehículos**

De la Figura 3.2, 30 personas de los 36 encuestados estarían dispuestos a cambiar su vehículo de combustible por un vehículo eléctrico mientras que 6 no desearían cambiar su vehículo de combustible por considerar que el vehículo tiene poca autonomía es decir no se puede recorrer grandes distancias debido a que sus baterías se descargan.

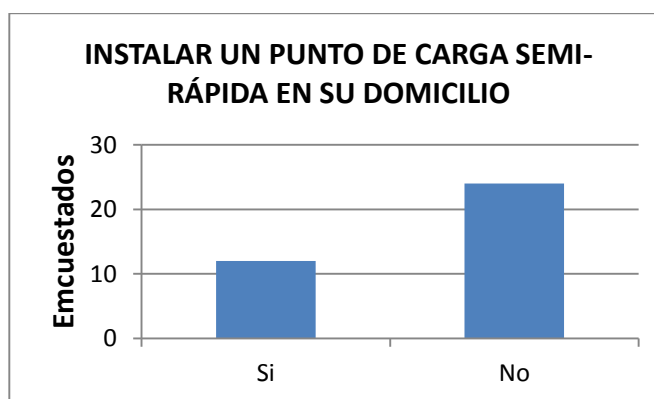
- c) ¿Esperaría usted cargar su vehículo durante 30 minutos?



**Figura 3.3: Cantidad de encuestados que esperarían 30 min de recarga del VE**

En la Figura 3.3, según las encuestas, 33 de 36 personas estarían dispuestas a esperar 30 minutos para cargar un vehículo eléctrico, mientras que 3 personas no esperarían dicho periodo en el que demora la carga de un vehículo eléctrico en una electrolinera.

- d) ¿Instalaría en su domicilio un punto de carga semi-rápida considerando los altos costos que éste representaría?



**Figura 3.4: Número de encuestados que instalarían un punto de recarga semi-rápida en su domicilio**

En la Figura 3.4, el número que no estaría dispuesto a instalar un punto de carga semi-rápida en sus domicilios es de 24 personas, más del 50% de los encuestados, esto es debido a que consideran que con un punto de carga lenta es suficiente y no es necesario realizar una gran inversión para instalar un punto de recarga semi-rápida.

### 3.2 Resultado de la proyección de ventas de vehículos eléctricos

Los datos de venta de vehículos eléctricos durante los últimos cinco años han sido escasos. Se obtuvieron datos históricos de venta de vehículos híbridos, sin embargo, dichos resultados no resultan ser de beneficio para una proyección de ventas en la que se ve involucrado específicamente el vehículo eléctrico. Por tal motivo, se escogió la marca KIA para un análisis de cuánto sería el número de vehículos para el año 2030.

La Tabla 9 que se presenta a continuación muestra en tres columnas: el año, la cantidad de ventas por año y la variación absoluta con respecto al año anterior,

para así obtener la venta de vehículos eléctricos hasta el año 2030, estimando un total de ventas de 106 vehículos.

KIA SOUL EV		
Año	Cantidad de ventas	Variación absoluta con respecto al año anterior
2013	0	
2014	0	0
2015	0	0
2016	1	1
2017	1	0
2018	2	
2019	3	
2020	4	
2021	5	
2022	6	
2023	7	
2024	8	
2025	9	
2026	10	
2027	11	
2028	12	
2029	13	
2030	14	
<b>TOTAL</b>	<b>106</b>	

**Tabla 9: Proyección de ventas**

La demanda de vehículos eléctricos es muy poca. Mediante las encuestas y proyección de ventas se llega a la conclusión que una electrolinera podría utilizarse para motivos de emergencia, por ejemplo, cuando las personas lleguen de viaje. Contarían con un máximo de cuatro conectores para cubrir la cantidad de vehículos que habrían en Guayaquil y Samborondón, teniendo en total cuatro electrolineras; es decir, dos electrolineras en las entradas de cada ciudad.



### 3.3 Opciones de diseño final

Se han analizado varias opciones para llegar al diseño final que tendrán las electrolíneas y las instalaciones de puntos de carga lenta y semi-rápida. Entre ellas se encuentran las siguientes:

#### a) Puntos de carga lenta para viviendas

OPCIÓN 1: Usar tecnología RFID con el uso de una etiqueta para el vehículo eléctrico con la finalidad de reconocer únicamente a éste.

OPCIÓN 2: Colocar hilo piloto de comunicación con el SAVE, que permite la comunicación entre el auto eléctrico y la toma de corriente para que ninguna otra carga que no tenga el hilo piloto sea conectada.

Se escogerá la opción 1 debido a su menor costo especificado en la sección 2.4.1.

#### b) Puntos de carga semi-rápida en centros comerciales

OPCIÓN 1: Colocar punto de carga de pie.

OPCIÓN 2: Colocar punto de carga en pared.

De las dos opciones descritas, se elegirá la opción 2 con la finalidad de ahorrar espacio, aunque ambos puntos de recarga tienen las mismas especificaciones en cuanto a la recarga: RFID que servirá para identificar al cliente, un respectivo medidor de potencia y energía, además de un sistema que permitirá un bloqueo para así evitar acceder a las tomas de corriente sin previa autorización.

#### c) Centro de transformación de las electrolíneas

OPCIÓN 1: El centro de transformación tendrá un transformador trifásico de 13800/220V y usa otro transformador para elevar el voltaje de 220VAC a 400VAC para los cargadores. El punto de recarga rápida sólo contará con un conector tipo CHAdeMO y se llegará a los conectores con un voltaje en DC de 500V.

OPCIÓN 2: El centro de transformación tendrá dos transformadores, uno trifásico de 13800/400V para los cargadores y otro de 400/220V monofásico que se conectará a la salida del transformador principal para iluminación y servicio general. El punto de recarga rápida será de tensión dual 500V/125A en corriente continua y 400V/63A en corriente alterna.

La opción elegida se especificará en la sección 3.4 que trata sobre el diseño final de una electrolinera.

#### **d) Protección para el lado primario del transformador**

Debido a que se tienen tanto línea aérea como subterránea se pueden aplicar dos opciones para la protección del lado de alta tensión del transformador dependiendo de la potencia del mismo:

OPCIÓN 1: Los fusibles estarán instalados en el poste de arranque de la línea aérea en cada fase de alimentación con fusibles tipo bay-o-net en una caja fusible de 100A 15kV con sus respectivos pararrayos. Opción para transformadores menores a 500kVA.

OPCIÓN 2: Con la alimentación subterránea, los fusibles serán tipo NX y estarán en un módulo “ropero” ubicados en el centro de carga, también se podrá poner protección de celdas con interruptores en reemplazo de fusibles. Opción para transformadores mayores a 500kVA.

La opción escogida será especificada en la sección 3.4.

### **3.4 Diseño final**

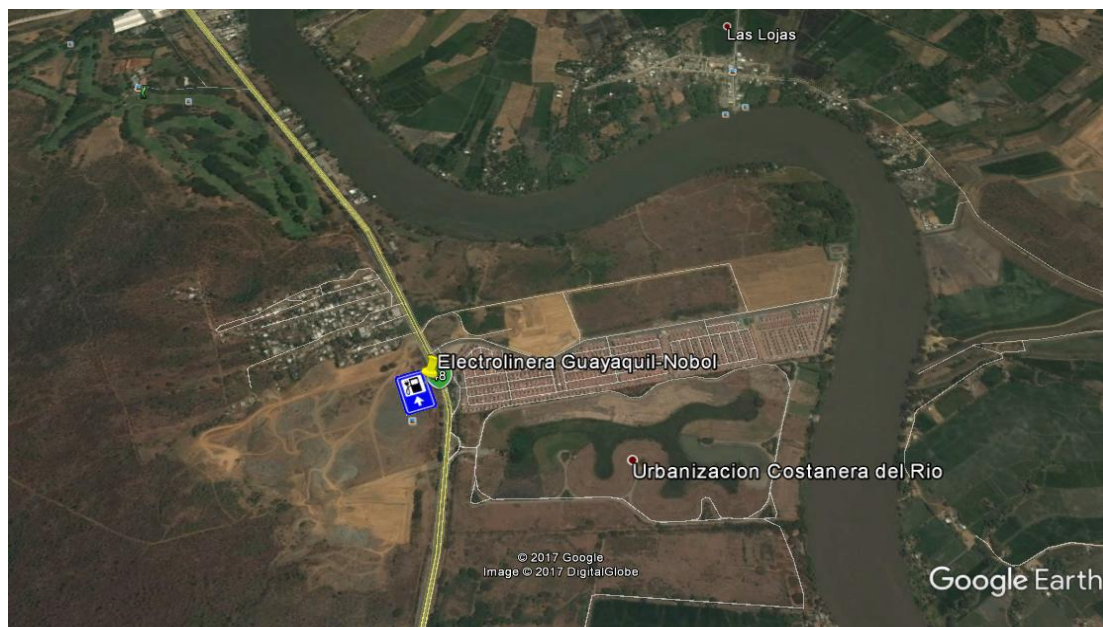
En esta sección se detallarán los lugares de ubicación de las electrolineras y el diseño final con la respectiva potencia instalada.

#### **3.4.1 Emplazamiento de los puntos de carga rápida**

Para la ciudad de Guayaquil y Samborondón, las siguientes redes serían las que suministrarían energía a los diferentes puntos de recarga:

**Electrolinera 1:** Guayaquil – Nobol. Ver ubicación en la figura 3.1.

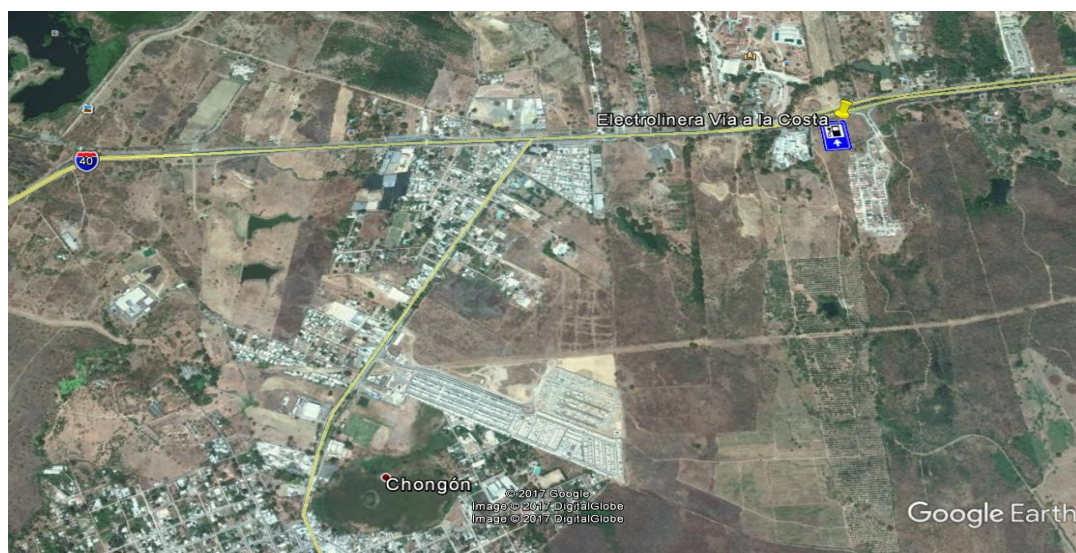
S/E SAFANDO. Alimentador S/E SAFANDO –COUNTRY CLUB/69.  
Voltaje: 13,8kV, que utiliza un conductor: ASCR 336,4.



**Figura 3.1: Electrolinera 1**

**Electrolinera 2:** Guayaquil – Vía a la Costa. Ver figura 3.2.

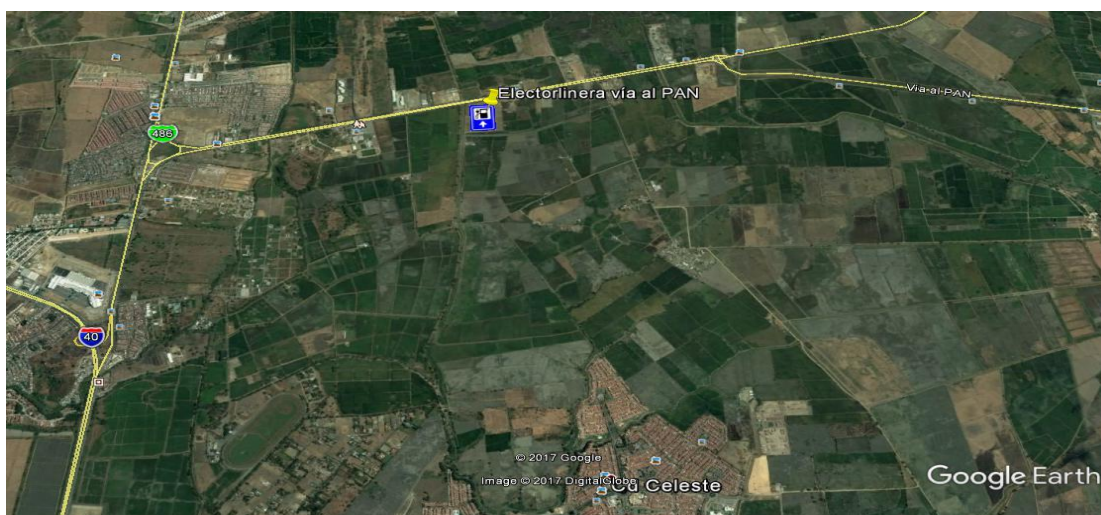
S/E CHONGÓN. Alimentador S/E CHONGÓN – ODEBRECHT. Voltaje:  
13,8kV, que utiliza un conductor: ACSR 336,4.



**Figura 3.2: Electrolinera 2**

**Electrolinera 3:** Samborondón – VÍA AL PAN. Ver mapa de ubicación en la figura 3.3.

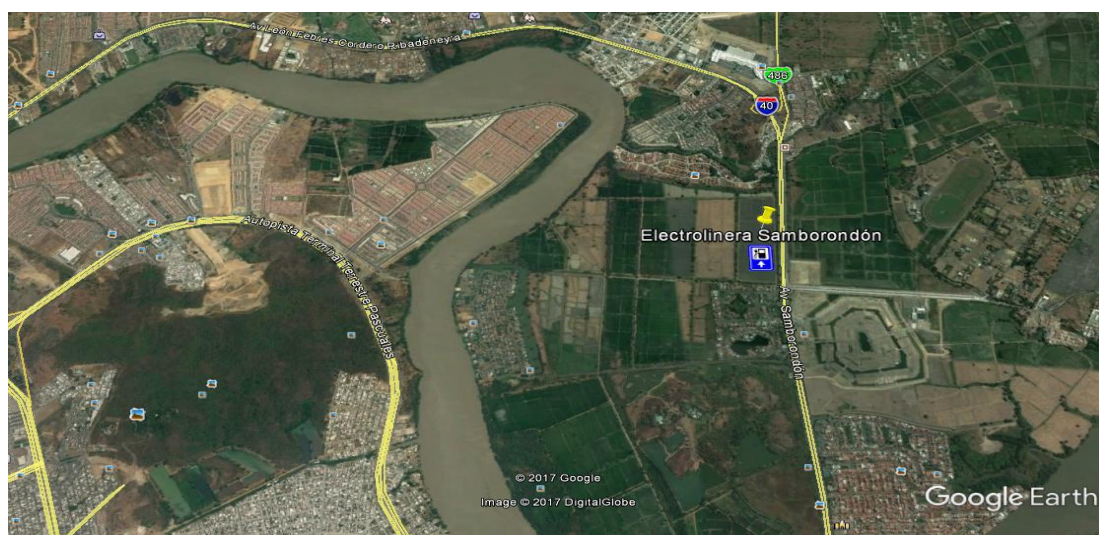
S/E CATALUÑA. Alimentador BONATERRA. Voltaje: 13,8kV, que utiliza un conductor: ACSR 336,4.



**Figura 3.3: Electrolinera 3**

**Electrolinera 4:** Samborondón principal. Ver figura 3.4.

S/E LAGOS DEL BATÁN. Alimentador LA LAGUNA. Voltaje: 13,8kV, que utiliza un conductor: ACSR 3/0.



**Figura 3.4: Electrolinera 4**

### 3.4.2 Dimensionamiento

Cada electrolinera tendrá un área de 256 m<sup>2</sup> y el local en donde se encontrará la persona encargada de la electrolinera tendrá un área de 20 m<sup>2</sup>, el local para beneficio de los clientes tendrá un área de 35 m<sup>2</sup>. Habrá 4 cargadores tipo CHAdeMO para carga en DC, con una potencia máxima de 62,5 kW.

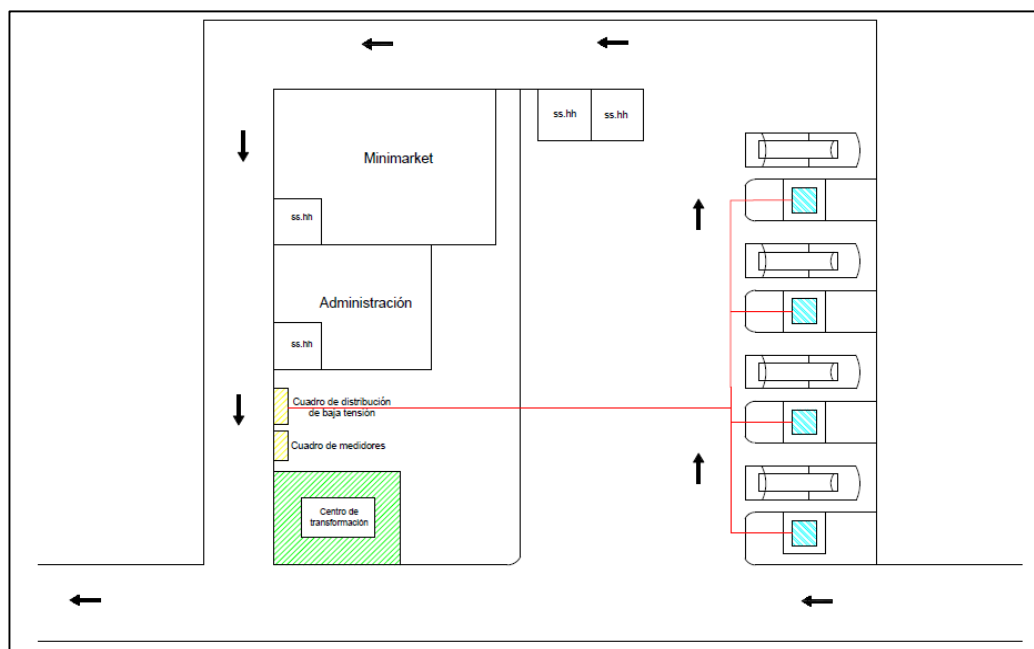
Con las ecuaciones presentadas en el Capítulo 2 cada electrolinera tendrá una potencia de 215,25kW y tomando en cuenta una reserva el valor final de la potencia activa será de 276kW, considerando que el centro de transformación tendrá un transformador trifásico de 300kVA - 13800/400V y un transformador monofásico de 25kVA - 400/220V ocupando un área de 12 m<sup>2</sup>, opción elegida de la sección 3.3 debido a que resulta ser menos costosa tomando en consideración los altos costos que tienen los transformadores trifásicos presentados en la otra opción.

En el poste de arranque del punto de entronque aéreo-subterráneo habrá protección con seccionadores fusibles y pararrayos, opción elegida de la sección 3.3 debido a que el transformador es menor a 500kVA, por lo tanto, no se ve la necesidad de poner los fusibles en un módulo ropero dentro del centro de transformación debido al alto costo, ni celdas con interruptores.

Desde el punto de unión al centro de transformación habrá una distancia de 18m con una caída de tensión de 0,4V que corresponde al 0,0026% siendo menor al 5% permitido de caída. Se usará el conductor para media tensión de instalación subterránea N2XSY 15 kV con cubierta exterior de PVC y un aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) mediante la formación de 3 cables unipolares que se encontrarán en contacto en formación tripolar. [34, p. 10]

Para baja tensión el conductor será tipo THHW, que específicamente son los usados en circuitos de fuerza y alumbrado en lo que respecta a edificaciones industriales, comerciales y residenciales en que la

seguridad deba ser alta, además de tener resistencia en cuanto a la humedad y calor presentes de manera elevada. [35, p. 19] La figura 3.5 muestra el diseño final de una electrolinera



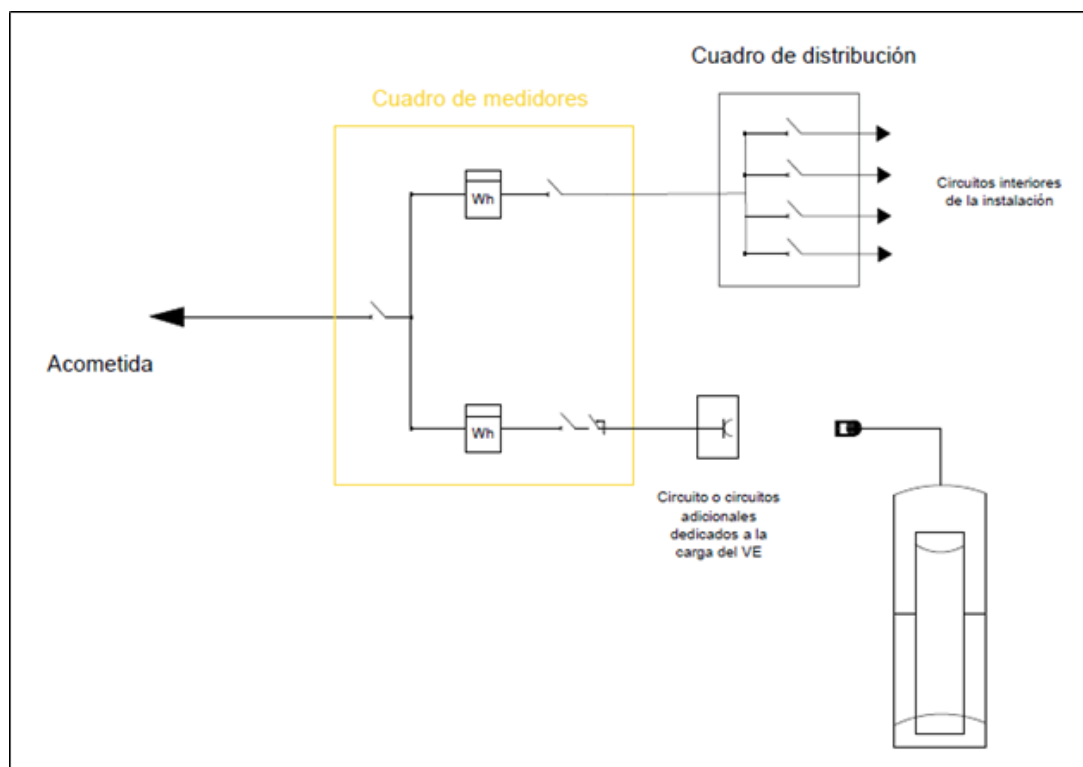
**Figura 3.5: Diseño de la electrolinera**

### 3.5 Esquemas de instalación de puntos de carga

Cada instalación de los diferentes puntos de carga tendrá los esquemas que se muestran a continuación:

#### a) Esquema de instalación en vivienda

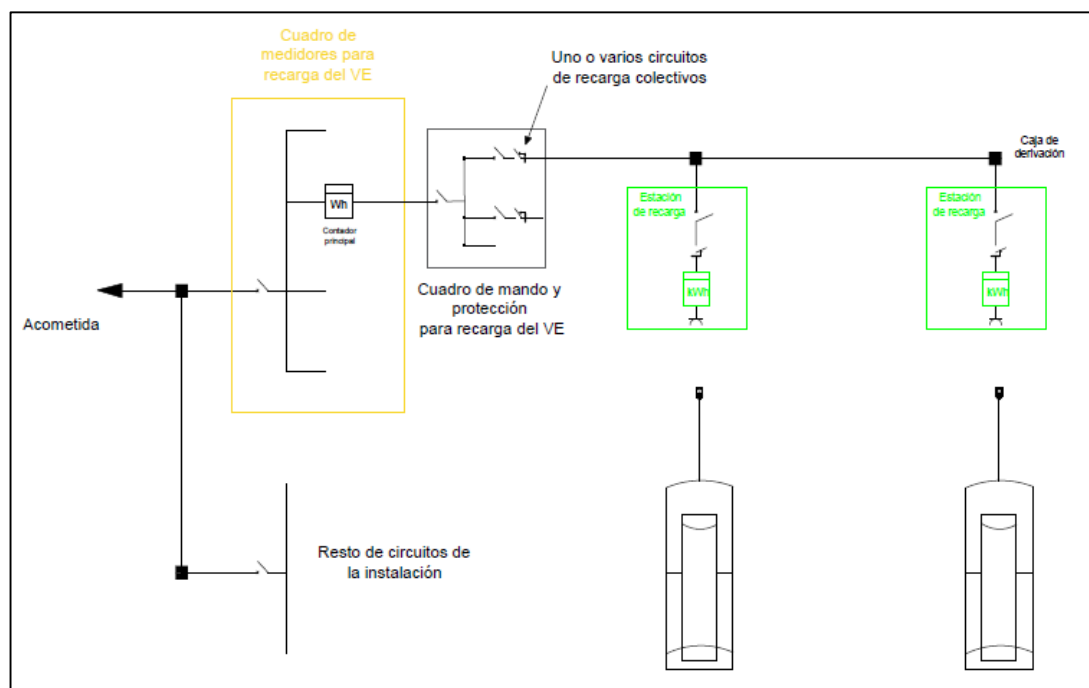
Comenzando desde la acometida se tendrá el disyuntor principal seguido de un medidor propio de los circuitos correspondientes a cada vivienda que se encuentran protegidos con sus respectivos disyuntores parciales y un segundo medidor en paralelo con tecnología AMI únicamente para el vehículo eléctrico con su respectivo interruptor y protección diferencial para contactos indirectos. Ver esquema de instalación en la figura 3.6.



**Figura 3.6: Esquema de instalación de un punto de carga lenta**

**b) Esquema de instalación en parqueaderos**

Para los parqueos en los centros comerciales o parkings públicos, desde la acometida se tendrán dos derivaciones. En una de ellas se encontrará el resto de circuitos de la instalación y la otra será correspondiente a las estaciones de recarga. Antes de cada estación se tendrá el cuadro de medidores y el cuadro de mando y protección para la correspondiente recarga del vehículo eléctrico. En el caso de los centros comerciales, podrán haber uno o varios circuitos de recarga debido a la cantidad de subsuelos en los que se encuentren los parqueos. Para los parqueos al aire libre, se seguirá la misma metodología, con la variación de la acometida que en este caso sería subterránea. En la figura 3.7 se puede observar el esquema descrito.

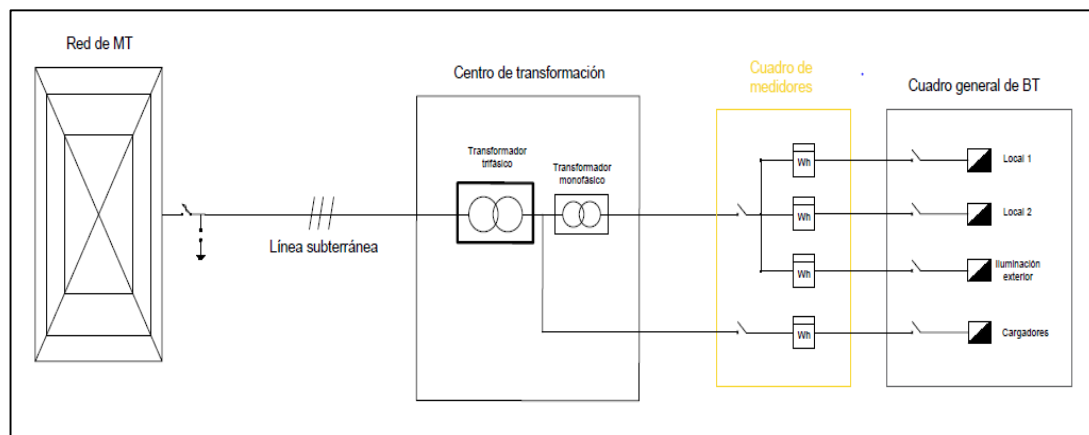


**Figura 3.7: Esquema de instalación de un punto de carga semi-rápida**

### c) Esquema de instalación de una electrolinera

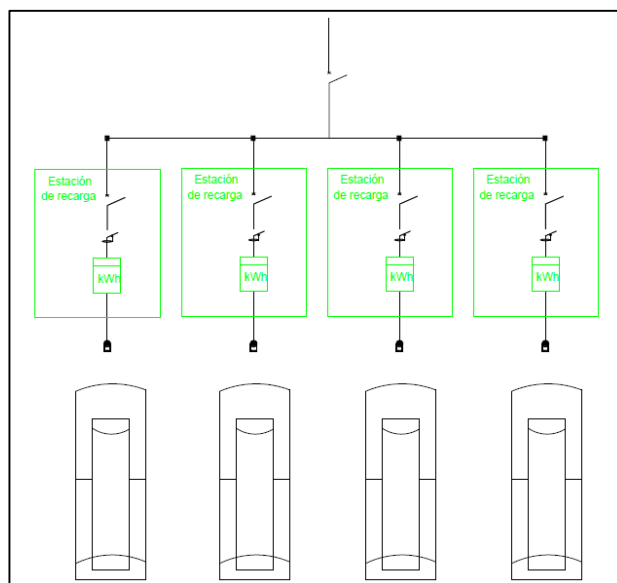
Para una electrolinera se comenzará con un entroque aéreo-subterráneo, con su respectiva protección y seccionamiento consistente en seccionadores fusibles y pararrayos en el poste de arranque para cada línea de alimentación que podrán proteger el tramo subterráneo, así como también los equipos de MT y transformadores del centro de transformación y sólo en caso de que éste se encuentre a una distancia mayor a 25m se instalará un juego de pararrayos en el propio centro de transformación. [36] Al llegar al centro de transformación se tendrán dos transformadores, uno trifásico para los cargadores y uno monofásico para los locales e iluminación exterior. El lado de baja tensión estará protegido por un disyuntor principal para cada transformador y en la centralización de contadores se encontrarán cuatro contadores para los dos locales, iluminación y cargadores. Cada circuito cuenta con su respectivo disyuntor parcial. Observar figura 3.8 para la instalación en una electrolinera.





**Figura 3.8: Esquema de instalación de un punto de carga rápida**

Para los cargadores el esquema es el que se presenta en la figura 3.9 y cuenta con su interruptor automático para los cuatro cargadores. Cada estación de recarga tiene sus protecciones, medidor de energía y su respectivo conector.



**Figura 3. 9: Esquema de los cargadores de una electrolinera**

### 3.6 Costos de implementación

Teniendo los lugares de emplazamiento de los puntos de carga y el diseño de la electrolinera, se especificarán los costos de instalación para cada punto de

recarga: lenta, semi-rápida y rápida. Se analizaron los costos con diferentes productos y especificaciones, eligiendo los que se presentan:

**a) Puntos de carga en viviendas**

Se han seleccionado los elementos principales para la instalación de un punto de carga lenta en viviendas y se consiguió tener el presupuesto que se muestra a continuación en la tabla 10:

MATERIALES	Unidades	Precio
Breaker 20Amp	1	\$ 5,00
Diferencial 25A, sensibilidad de 30mA	1	\$ 37,52
Punto de recarga Wallbox, RVE-WBS-Smart	1	\$ 1.026,00
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 1.068,52</b>

**Tabla 10: Presupuesto para punto de carga lenta**

Si los usuarios desearían tener al mismo tiempo un punto de carga lenta y semi-rápida el presupuesto variaría como sigue en la tabla 11:

MATERIALES	Unidades	Precio
Breaker 40Amp	1	\$ 18,00
Diferencial 40A, sensibilidad de 30mA	1	\$ 40,35
Punto de recarga Wallbox, RVE-MB-MIX-CP1	1	\$ 1.532,00
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 1.590,35</b>

**Tabla 11: Presupuesto para punto de carga lenta y semi-rápida**

**b) Punto de carga semi-rápida**

Para una instalación de un punto de recarga semi-rápida se hizo la cotización de los productos primordiales mostrados en la tabla 12 y 13 para parqueos subterráneos y al aire libre considerando un breaker y protección diferencial protegiendo un circuito de máximo tres puntos de recarga.

MATERIALES	Unidades	Precio unitario	Precio total
Breaker 100Amp.	1	\$ 50,00	\$ 50,00
Terminal de pago	3	\$ 2.500,00	\$ 7.500,00
Diferencial 100 Amp. sensibilidad de 30mA	1	\$ 261,19	\$ 261,19
Punto de recarga city wall	3	\$ 3.302,00	\$ 9.906,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 17.717,19</b>

**Tabla 12: Presupuesto para 3 puntos de carga en parqueos subterráneos**

MATERIALES	Unidades	Precio unitario	Precio total
Breaker 100 Amp.	1	\$ 50,00	\$ 50,00
Diferencial 100Amp. sensibilidad de 30mA	1	\$ 261,19	\$ 261,19
Terminal de pago	3	\$ 2.500,00	\$ 7.500,00
Punto de recarga city ground	3	\$ 3.575,00	\$ 10.725,00
<b>TOTAL</b>			\$ 18.536,19

**Tabla 13: Presupuesto para 3 puntos de carga en parques al aire libre**

### c) Punto de carga rápida

Para las electrolineras se hizo el presupuesto de las protecciones principales en el lado de alta tensión y baja tensión del transformador, del punto de recarga y de los dos transformadores establecidos. La tabla 14 muestra el presupuesto para la instalación de una electrolinera.

MATERIALES	Unidades	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Pararrayo de porcelana 10 KV	3	\$ 30,18	\$ 90,54
Fusible para caja de 15 KV 25 Amp.	3	\$ 3,57	\$ 10,71
Caja portafusible 100 Amp. 15 KV	3	\$ 91,00	\$ 273,00
Transformador trifásico 300kVA, 13800/400 V	1	\$ 7.110,00	\$ 7.110,00
Transformador monofásico 25kVA, 400/220 V	1	\$ 1.452,00	\$ 1.452,00
Breaker de 125Amp.	1	\$ 150,00	\$ 150,00
Breaker de 500Amp.	1	\$ 177,00	\$ 177,00
Punto de recarga rápida CHAdeMO dual	1	\$ 28.174,00	\$ 28.174,00
<b>TOTAL</b>			\$ 37.437,25

**Tabla 14: Presupuesto para punto de carga rápida**

### 3.7 Modelado de carga rápida en DC para vehículos eléctricos.

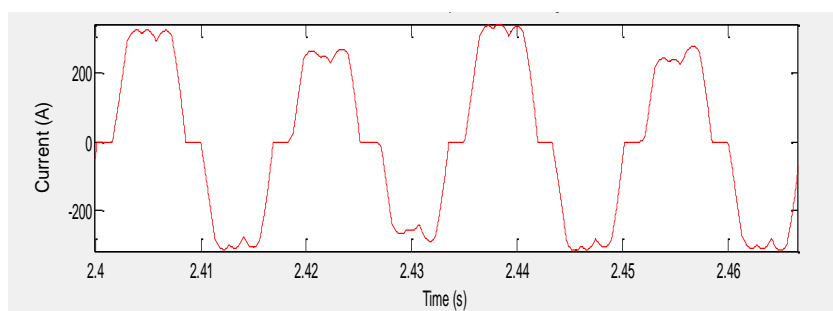
De acuerdo a la sección 2.9 se realiza la simulación del modelado de una estación de carga rápida en DC para vehículo eléctrico utilizando Matlab Simulink, haciendo uso de la librería SimPowerSystems, para conocer el total de distorsión armónica que inyecta a la red la entrada de una electrolinera.

Se simuló la red de distribución eléctrica con una fuente trifásica balanceada a un voltaje línea a línea de 13.8 [KV], para simular el transformador que se instalará en la electrolinera se seleccionó un transformador trifásico de dos devanados de 13800/400 [V] con una potencia de 300 [KVA]. Se utilizó un

rectificador trifásico de onda completa a tiristores como un convertidor AC/DC para obtener un voltaje en corriente continua para la carga de la batería. Para el convertidor boost y el modelo de la batería se tomó referencia de modelos ya existente.

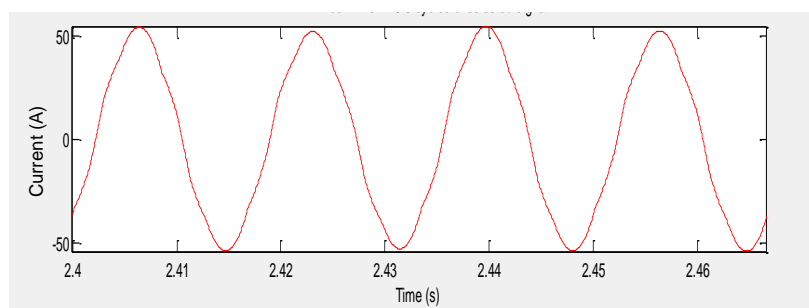
Para la simulación, se alimenta a 4 puntos de carga rápida y se asume que todas las baterías están totalmente descargadas. Se establece un tiempo de simulación en 10 minutos.

La figura 3.10 muestra la corriente de la fase A antes de llegar a la red, es decir, la que circula a través de los devanados secundarios del transformador. Debido a los elementos electrónicos la forma de la corriente presenta una gran distorsión con respecto a la frecuencia fundamental.



**Figura 3.10: Señal de corriente en los devanados del secundario del transformador**

La figura 3.11 muestra la corriente de la fase A que se inyecta a la red proveniente de la electrolinera, la forma de corriente no presenta mucha distorsión debido a la conexión del transformador (delta-Y aterrizada) que actúa como filtro de armónicos.



**Figura 3.11: Señal de corriente de la red que inyecta la electrolinera**

Después de obtener las señales de corriente, se realiza el Análisis Rápido de Fourier (FFT) utilizando el software de simulación Simulink, para conocer la cantidad de armónicos que contiene las señales de corriente.

La tabla 15 muestra la cantidad y el orden de los armónicos que contiene la señal de corriente en los devanados del secundario antes de pasar a la red. La mayor aportación de distorsión armónica es de orden cinco y siete en la corriente en los devanados del secundario del transformador.

Orden de Armónico	Frecuencia (Hz)	C. Fundamental (%)	Ángulo (°)
1	60 (Fundamental)	100	-22,6
3	180	1,35	-31,5
5	300	16,82	63,7
7	420	6,83	32,7
9	540	0,58	158,1
11	660	1,10	44,8
13	780	1,11	57,7
15	900	0,09	-44,8

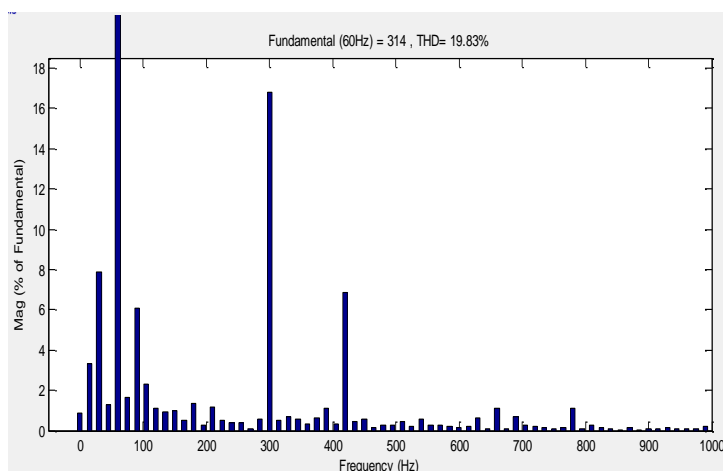
**Tabla 25: Resultados del FFT: Corriente de los devanados secundarios**

La tabla 16 muestra la cantidad y el orden de armónicos que contiene la señal de corriente de la red. La distorsión armónica de mayor incidencia en la corriente de la red es de orden 5, esta disminución de la distorsión armónica es debido a la conexión del transformador (delta-Y aterrizada).

Orden de Armónico	Frecuencia (Hz)	C. Fundamental (%)	Ángulo (°)
1	60 (Fundamental)	100	-46,9
3	180	0,27	119,0
5	300	3,40	92,2
7	420	1,49	-0,5
9	540	0,13	154,0
11	660	0,26	57,3
13	780	0,24	27,7
15	900	0,02	112,1

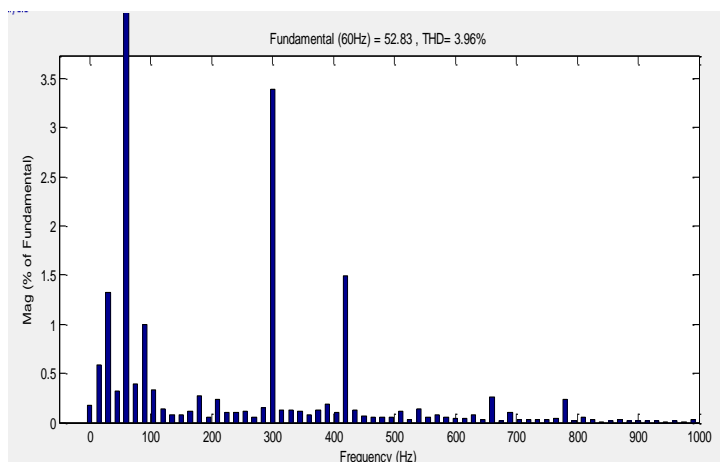
**Tabla 16: Resultados del FFT: Corriente de la red**

En la figura 3.12 se encuentra el diagrama de barras según la incidencia del orden de armónicos en la corriente de los devanados secundarios del transformador, se observa que existe una gran aportación de distorsión armónica del orden cinco. El valor RMS de la corriente en los devanados del lado secundario del transformador es de 211.5 [A] llegando a un pico de corriente de 314 [A], mientras que la corriente de la red alcanza un valor de 36.93 [A] valor RMS llegando a un pico de corriente de 52.83 [A]. Según el FFT la corriente en los devanados del secundario del transformador tiene un total de distorsión armónica de 19.83%, mientras que la corriente de la red presenta un 3.96% de distorsión armónica.



**Figura 3.12: Diagrama de barras de armónicos en la corriente de los devanados del secundario del transformador**

En la figura 3.13 se puede apreciar el diagrama de barras de armónicos en cuanto al porcentaje respecto a la corriente fundamental de la red, como se observa se ve reducida la aportación de distorsión del orden cinco en comparación con el diagrama de barras de armónicos de la corriente en los devanados secundarios del transformador.



**Figura 3.13: Diagrama de barras de armónicos en la corriente de la red**

Como se observa en la tabla 16, la distorsión armónica de orden 5 supera los límites de distorsión de voltaje permitidos correspondiente a un valor de 3% según la norma IEEE Std. 159.2014 para la distorsión armónica individual a nivel de tensión de 13,8 kV. Para ello se usará un filtro pasivo de orden 5 que ayudará a reducir estos armónicos mediante una frecuencia de resonancia de ese orden.

### 3.8 Impacto en el voltaje

Una vez seleccionado los lugares donde estarán ubicadas las electrolineras, se realizará el análisis del impacto en el voltaje con la entrada de las electrolineras como se mencionó en la sección 2.10. Se hará uso del simulador CYMDIST, para ello será necesario realizar el recorrido de la línea de alimentación con las respectivas cargas en donde se conectará cada electrolinera.

El simulador CYMDIST usa el método de caída de voltaje desequilibrada para el respectivo desarrollo del flujo de carga [37] en redes de distribución desbalanceadas y se analizarán cuatro escenarios, cuando se encuentra conectado uno, dos, tres y cuatro vehículos respectivamente.

Se realizará un flujo de carga a demanda máxima simulando para los cuatro escenarios con los vehículos eléctricos totalmente descargados (debido a que en la etapa de inicio cuando se carga la batería experimenta la mayor corriente),

también se considera que las demás cargas de las electrolineras se encuentran en carga máxima.

### 3.8.1 Flujo de carga Alimentador SAFANDO- COUNTRY CLUB 69

El Alimentador SAFANDO-COUNTRY CLUB 69 proviene de la subestación SAFANDO que cuenta con una capacidad 10 MVA, a un nivel de tensión de 13,8 KV. Cuenta con 2 transformadores monofásicos de 10 KVA, 26 transformadores monofásicos de 15 KVA, 2 transformadores monofásicos de 25 KVA, 2 transformadores monofásicos de 37,5 KVA, 40 transformadores monofásicos de 50 KVA, un transformador monofásico de 70 KVA, 2 transformadores trifásicos de 50 KVA y un transformador trifásico de 300 KVA. En demanda máxima la carga alcanza un valor de 3756,20 MVA.

A continuación, en la tabla 17, se pueden ver los resultados de la simulación. Se tiene el nivel de tensión, la corriente, la potencia aparente, la potencia activa y la potencia reactiva asociadas al nodo en que se conecta la electrolinera. Se observa que cuando se encuentra cargando un vehículo eléctrico la caída es de aproximadamente 0.667%, cuando se encuentran cargando dos vehículos eléctricos la caída es de 0.804%, con tres vehículos eléctricos la caída es de aproximadamente 0.819% y con cuatro vehículos eléctricos la caída es de 0,855%. Ninguna de estas caídas resultan ser considerables.

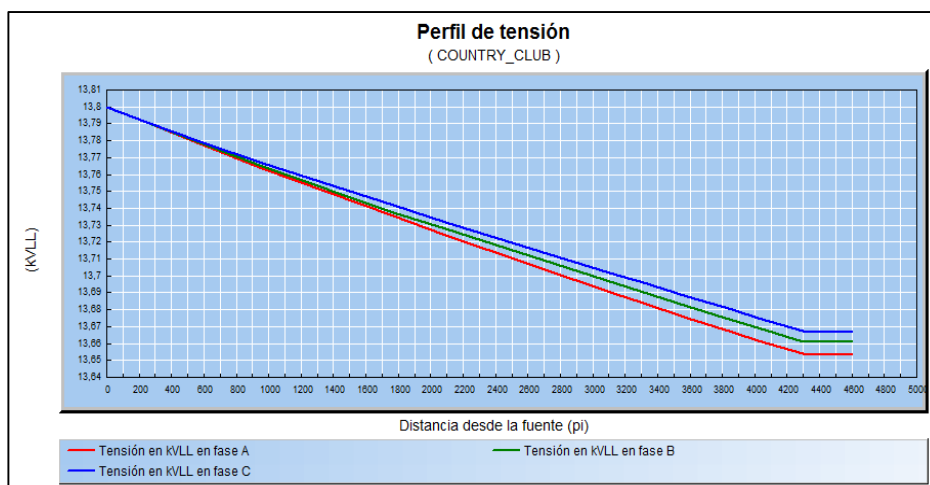
Resultados de la simulación cuando se conecta 1 vehículo							
	V base	kVLL	kVLN	i (A)	kVA	kW	kVAR
<b>A</b>	118,5	13,7	7,9	4,9	38,9	36,1	14,6
<b>B</b>	118,9	13,7	7,9	3,3	26,1	23,9	10,4
<b>C</b>	118,9	13,7	7,9	3,3	26,1	23,9	10,5
<b>TOTAL</b>					91	84	35
Resultados de la simulación cuando se conectan 2 vehículos							
	V base	kVLL	kVLN	i (A)	kVA	kW	kVAR
<b>A</b>	118,5	13,6	7,9	8,2	64,3	59,1	25,5
<b>B</b>	118,9	13,7	7,9	6,5	51,6	47	21,3



<b>C</b>	118,9	13,7	7,9	6,5	51,6	46,9	21,5
<b>TOTAL</b>					168	153	68
<b>Resultados de la simulación cuando se conectan 3 vehículos</b>							
	<b>V base</b>	<b>kVLL</b>	<b>kVLN</b>	<b>i (A)</b>	<b>kVA</b>	<b>kW</b>	<b>kVAR</b>
<b>A</b>	118,5	13,6	7,9	11,2	87,8	80,1	36,2
<b>B</b>	118,9	13,7	7,9	9,5	75,2	68	32
<b>C</b>	118,8	13,7	7,9	9,5	75,2	67,9	32,3
<b>TOTAL</b>					238	216	100
<b>Resultados de la simulación cuando se conectan 4 vehículos</b>							
	<b>V base</b>	<b>kVLL</b>	<b>kVLN</b>	<b>i (A)</b>	<b>kVA</b>	<b>kW</b>	<b>kVAR</b>
<b>A</b>	118,4	13,6	7,9	14,2	111,7	101,1	47,5
<b>B</b>	118,8	13,6	7,9	12,6	99,2	89,2	43,4
<b>C</b>	118,8	13,7	7,9	12,6	99,2	89	43,8
<b>TOTAL</b>					310	279	135

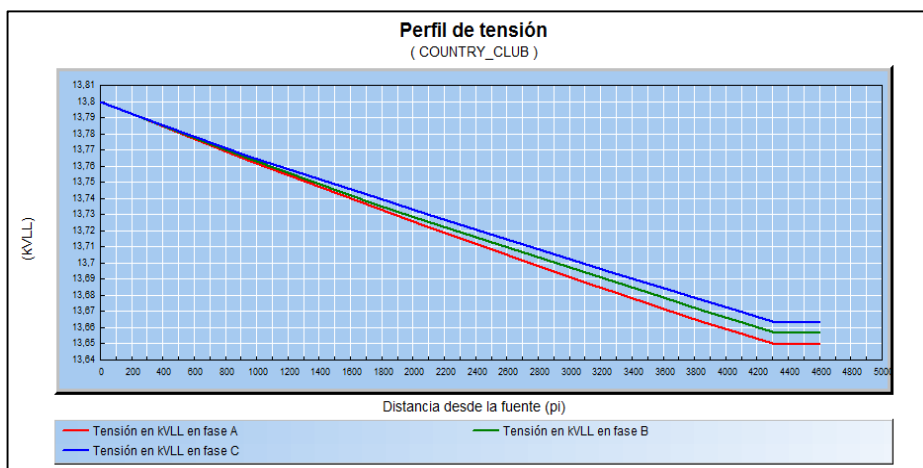
**Tabla 17: Resultados de la simulación para los cuatro escenarios**

En la figura 3.14 se presenta el perfil de tensión a lo largo de la alimentadora en demanda máxima y cuando se encuentra cargando un vehículo eléctrico en la electrolinera. La electrolinera se encuentra instalada a 3015,5 pies de la subestación, para esa distancia el nivel de voltaje es de 13.708 KV.



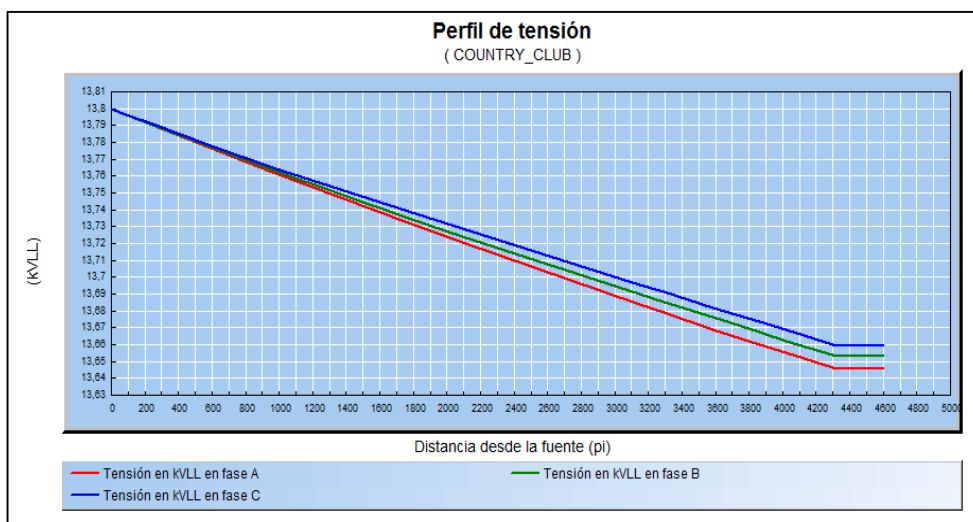
**Figura 3.14: Perfil de tensión a demanda máxima cuando se encuentra cargando 1 vehículo**

Cuando se encuentran cargando dos vehículos eléctricos en la electrolinera el nivel de voltaje es de 13.689 KV mostrado en la figura 3.15.



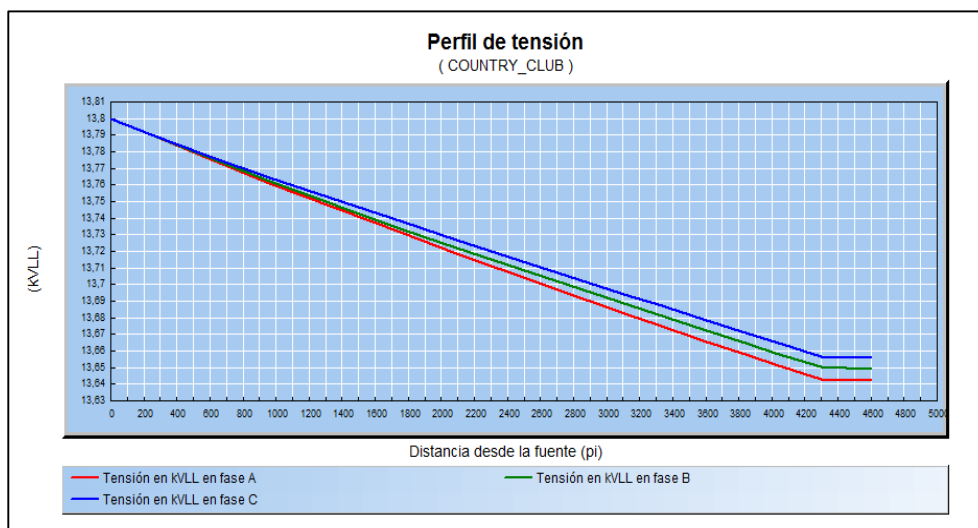
**Figura 3.15: Perfil de tensión a demanda máxima cuando se encuentran cargando 2 vehículos**

Cuando se encuentran cargando tres vehículos eléctricos en la electrolinera el nivel de voltaje es de 13.687 KV mostrado en la figura 3.16.



**Figura 3.16: Perfil de tensión a demanda máxima cuando se encuentran cargando 3 vehículos**

Cuando se encuentran cargando cuatro vehículos eléctricos en la electrolinera el nivel de voltaje es de 13.682 KV mostrado en la figura 3.17.



**Figura 3.17: Perfil de tensión a demanda máxima cuando se encuentran cargando 4 vehículos**

### 3.8.2 Flujo de carga Alimentador CHONGON-ODEBRECHT

El Alimentador CHONGON-ODEBRECHT proviene de la subestación CHONGON que cuenta con una capacidad 10 MVA, a un nivel de tensión de 13,8 KV. Cuenta con 7 transformadores monofásicos de 25 KVA, un transformador monofásico de 50 KVA, un transformador monofásico de 100 KVA, un transformador trifásico de 100 KVA, un transformador trifásico de 112,5 KVA, un transformador trifásico de 200 KVA, un transformador trifásico de 400 KVA y un transformador trifásico de 750 KVA. En demanda máxima la carga alcanza un valor de 1125,5 MVA.

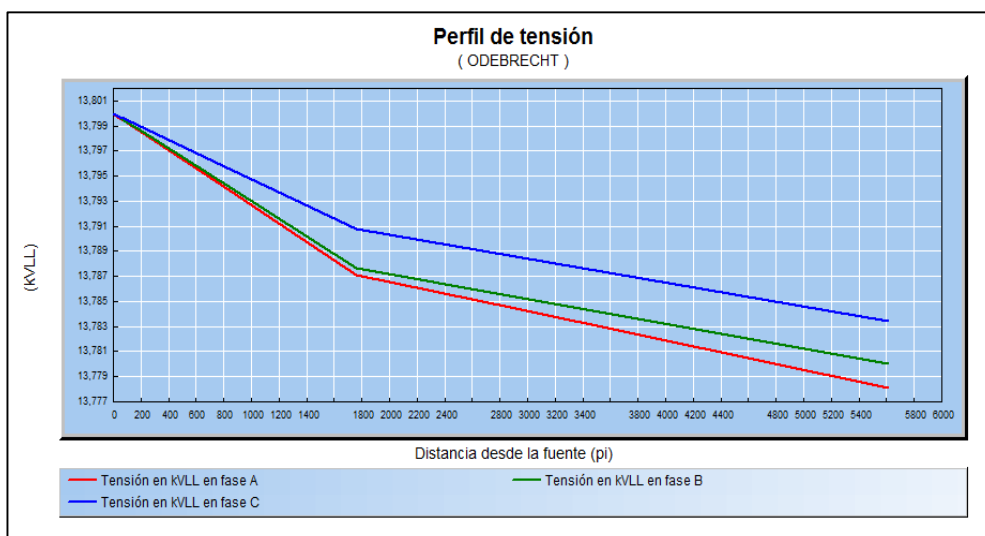
Resultados de la simulación cuando se conecta 1 vehículo							
	V base	kVLL	kVLN	i (A)	kVA	kW	kVAR
<b>A</b>	119,8	13,8	8	15,3	121,7	120,9	13,8
<b>B</b>	119,9	13,8	8	13,4	106,6	105,8	13
<b>C</b>	119,8	13,8	8	13,4	106,7	105,9	12,9
<b>TOTAL</b>					335	333	40

<b>Resultados de la simulación cuando se conectan 2 vehículos</b>							
	<b>V base</b>	<b>kVLL</b>	<b>kVLN</b>	<b>i (A)</b>	<b>kVA</b>	<b>kW</b>	<b>kVAR</b>
<b>A</b>	119,7	13,8	7,9	18,1	143,8	141,9	23,8
<b>B</b>	119,9	13,8	8	16,2	128,8	126,7	23
<b>C</b>	119,8	13,8	8	16,2	128,9	126,9	22,9
<b>TOTAL</b>					402	395	70
<b>Resultados de la simulación cuando se conectan 3 vehículos</b>							
	<b>V base</b>	<b>kVLL</b>	<b>kVLN</b>	<b>i (A)</b>	<b>kVA</b>	<b>kW</b>	<b>kVAR</b>
<b>A</b>	119,7	13,8	7,9	20,9	166,5	162,9	34,4
<b>B</b>	119,8	13,8	8	19	151,5	147,8	33,6
<b>C</b>	119,8	13,8	8	19,1	151,6	147,9	33,6
<b>TOTAL</b>					470	459	102
<b>Resultados de la simulación cuando se conectan 4 vehículos</b>							
	<b>V base</b>	<b>kVLL</b>	<b>kVLN</b>	<b>i (A)</b>	<b>kVA</b>	<b>kW</b>	<b>kVAR</b>
<b>A</b>	119,6	13,8	7,9	23,9	189,6	184	45,8
<b>B</b>	119,8	13,8	8	22	174,7	168,8	45
<b>C</b>	119,7	13,8	7,9	22	174,8	169	45
<b>TOTAL</b>					539	522	136

**Tabla 18: Resultados de la simulación para los cuatro escenarios**

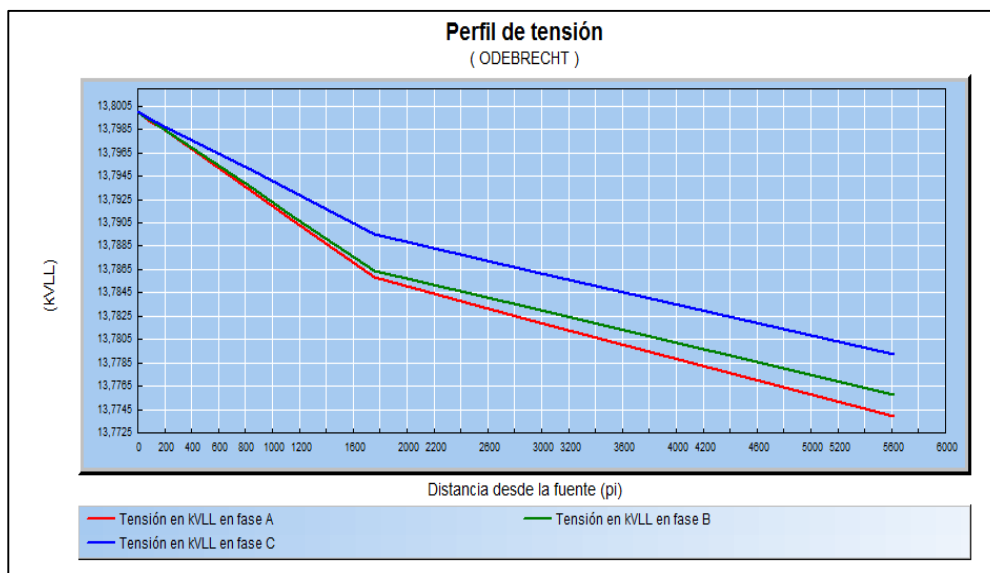
Se observa en la tabla 18 que cuando se encuentra cargando un vehículo eléctrico la caída de tensión es de aproximadamente 0,159%, en el escenario dos la caída es 0.188%, en el escenario tres la caída de tensión aumenta a 0.217%, y cuando se tienen los cuatro vehículos eléctricos cargando la caída es de 0,254% siendo esta última la mayor pero sin ser considerable.

En la figura 3.18 se muestra el perfil de tensión a lo largo de la alimentadora en demanda máxima y cuando se encuentra cargando un vehículo eléctrico en la electrolinera. La electrolinera se encuentra instalada a 5639,10 pies de la subestación, para esa distancia el nivel de voltaje es de 13.778 KV.



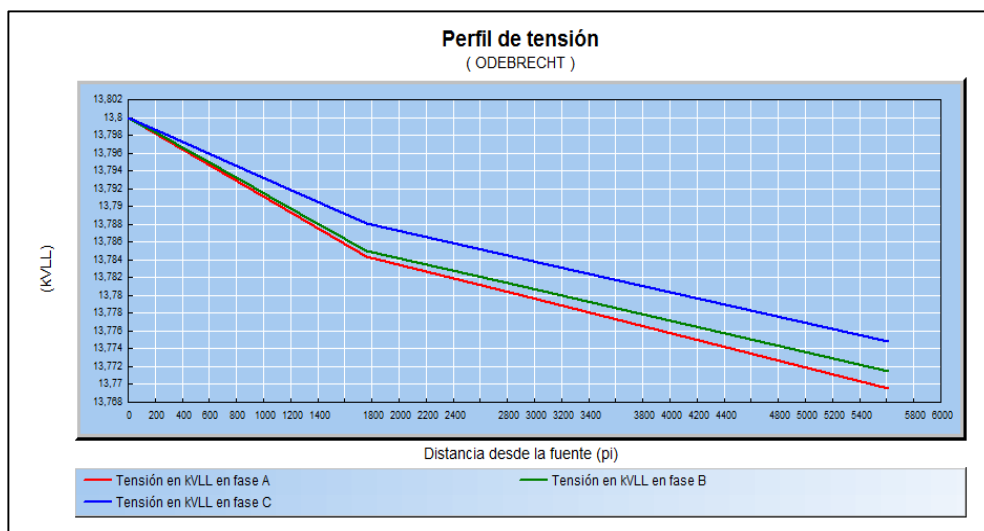
**Figura 3.18: Perfil de tensión a demanda máxima cuando se encuentran cargando 1 vehículo**

La figura 3.19 muestra el perfil de tensión cuando se encuentra cargando dos vehículos eléctricos. El nivel de voltaje es de 13.774 KV.



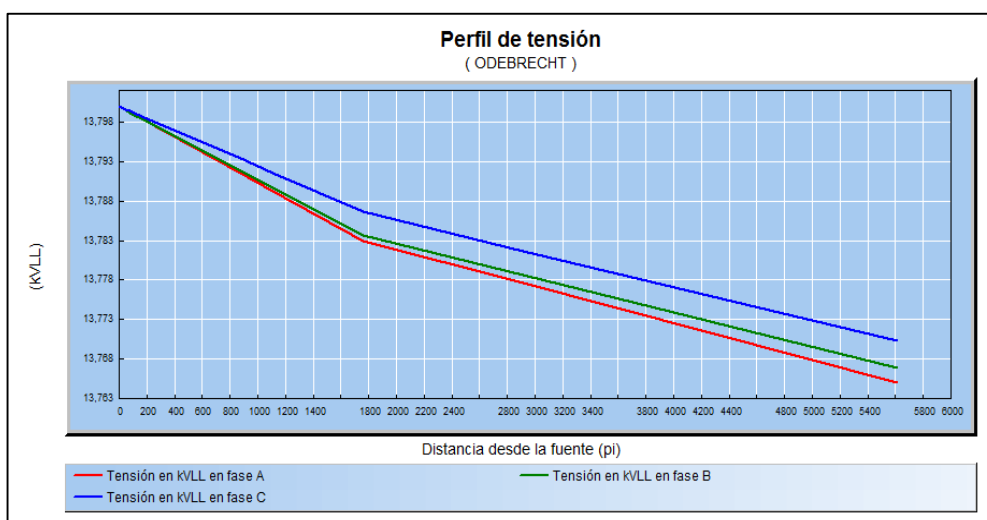
**Figura 3.19: Perfil de tensión a demanda máxima cuando se encuentran cargando 2 vehículos**

En la figura 3.20 se muestra el perfil de tensión cuando se encuentran cargando tres vehículos eléctricos. El nivel de voltaje es de 13.770 KV.



**Figura 3. 20: Perfil de tensión a demanda máxima cuando se encuentran cargando 3 vehículos**

En la figura 3.21 se muestra el perfil de tensión cuando se encuentran cargando 4 vehículos eléctricos, teniendo un nivel de voltaje de 13.765 KV.



**Figura 3.21: Perfil de tensión a demanda máxima cuando se encuentran cargando 4 vehículos**

### 3.8.3 Flujo de carga Alimentador BONATERRA

El Alimentador BONATERRA proviene de la subestación CATALUÑA que cuenta con una capacidad 20 MVA, a un nivel de tensión de 13,8 KV. Cuenta con 3 transformadores monofásicos de 10 KVA, 9 transformadores monofásicos de 25 KVA, 2 transformadores monofásicos de 37,5 KVA, 88 transformadores monofásicos de 50 KVA, un transformador monofásico de 70 KVA, un transformador monofásico de 450 KVA, un transformador trifásico de 300 KVA, un transformador trifásico de 1050 KVA, un transformador trifásico de 1450 KVA, un transformador trifásico de 1500 KVA y un transformador trifásico de 600 KVA. En demanda máxima la carga alcanza un valor de 10237,1 MVA.

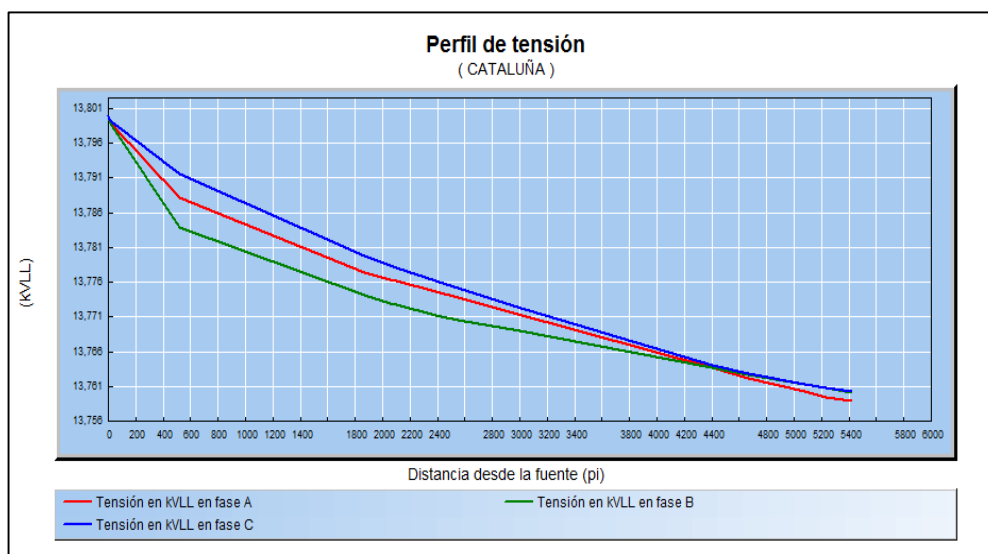
Para el primer escenario se observa que no existe una caída de voltaje considerable en la red (aproximadamente 0.297%) según el voltaje presentado, cuando se cargan dos vehículos al mismo tiempo existe una caída de 0.326%, al cargar tres vehículos se tiene una caída de 0.355% y con cuatro vehículos eléctricos la caída de tensión llega a un porcentaje de 0.391%; sin embargo, el valor es aceptable.

<b>Resultados de la simulación cuando se conecta 1 vehículo</b>							
	<b>V base</b>	<b>kVLL</b>	<b>kVLN</b>	<b>i (A)</b>	<b>kVA</b>	<b>kW</b>	<b>kVAR</b>
<b>A</b>	119,6	13,8	7,9	24,7	196,4	195,3	20,1
<b>B</b>	119,7	13,8	7,9	24,7	196,4	195,3	20,1
<b>C</b>	119,6	13,8	7,9	24,7	196,4	195,3	20,1
<b>TOTAL</b>					589	586	60
<b>Resultados de la simulación cuando se conectan 2 vehículos</b>							
	<b>V base</b>	<b>kVLL</b>	<b>kVLN</b>	<b>i (A)</b>	<b>kVA</b>	<b>kW</b>	<b>kVAR</b>
<b>A</b>	119,6	13,8	7,9	27,5	218,4	216,3	30,1
<b>B</b>	119,6	13,8	7,9	27,5	218,4	216,3	30,1
<b>C</b>	119,6	13,8	7,9	27,5	218,4	216,3	30,1
<b>TOTAL</b>					655	649	90
<b>Resultados de la simulación cuando se conectan 3 vehículos</b>							
	<b>V base</b>	<b>kVLL</b>	<b>kVLN</b>	<b>i (A)</b>	<b>kVA</b>	<b>kW</b>	<b>kVAR</b>
<b>A</b>	119,6	13,8	7,9	30,3	240,8	237,3	40,8

<b>B</b>	119,6	13,8	7,9	30,3	240,8	237,3	40,8
<b>C</b>	119,6	13,8	7,9	30,3	240,8	237,3	40,8
<b>TOTAL</b>					722	712	122
<b>Resultados de la simulación cuando se conectan 4 vehículos</b>							
	<b>V base</b>	<b>kVLL</b>	<b>kVLN</b>	<b>i (A)</b>	<b>kVA</b>	<b>kW</b>	<b>kVAR</b>
<b>A</b>	119,5	13,7	7,9	33,2	263,6	258,4	52,2
<b>B</b>	119,6	13,7	7,9	33,2	263,6	258,4	52,2
<b>C</b>	119,5	13,7	7,9	33,2	263,6	258,4	52,2
<b>TOTAL</b>					791	775	156

**Tabla 19: Resultados de la simulación para los cuatro escenarios**

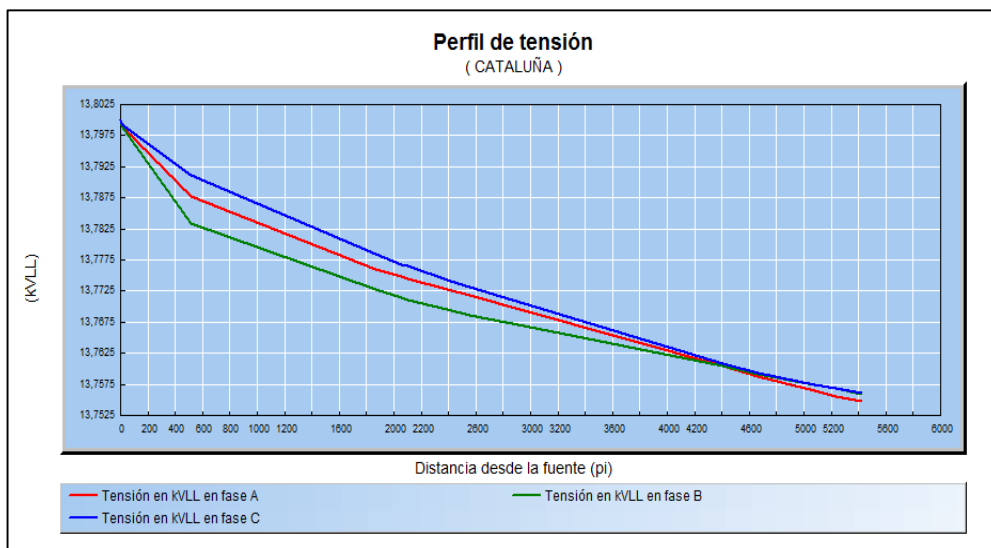
En la figura 3.22 se puede observar con claridad el perfil de tensión a lo largo de la alimentadora en demanda máxima y cuando se encuentra cargando un vehículo eléctrico. La electrolinera se encuentra instalada a 5418 pies de la subestación, para esa distancia el nivel de voltaje es de 13.759 KV.



**Figura 3.22: Perfil de tensión a demanda máxima cuando se encuentran cargando 1 vehículo.**

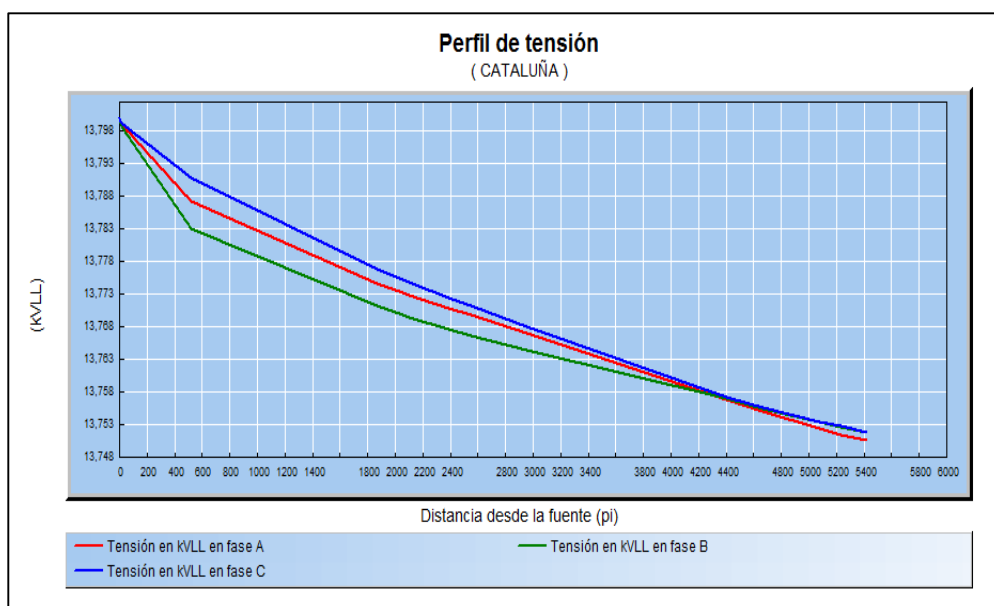
Cuando se encuentran cargando dos vehículos eléctricos en la electrolinera el nivel de voltaje es de 13.755 KV. El perfil de tensión es presentado en la figura 3.23.





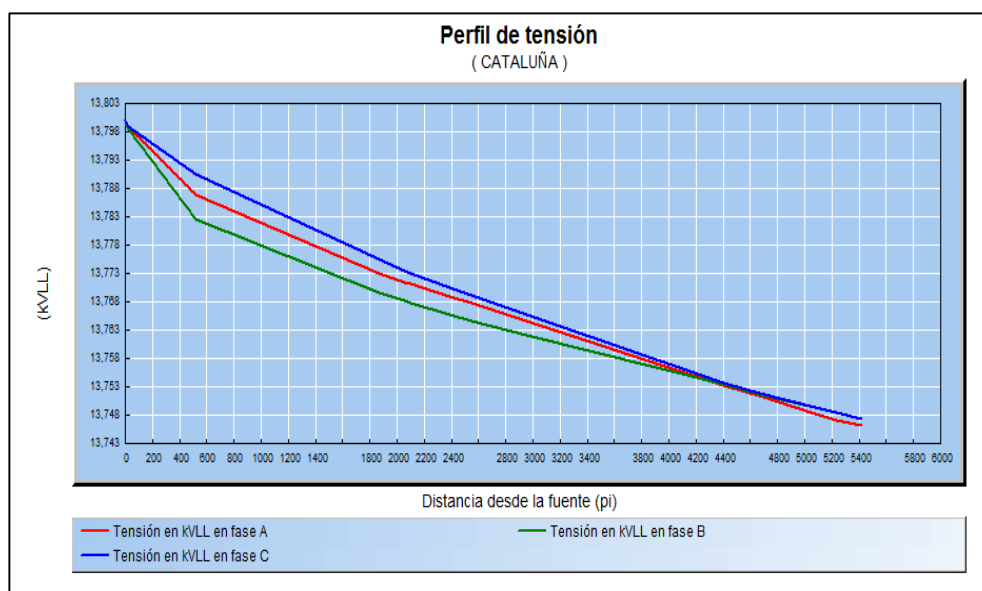
**Figura 3.23: Perfil de tensión a demanda máxima cuando se encuentran cargando 2 vehículos**

Quando se encuentran cargando tres vehículos eléctricos el nivel de voltaje es de 13.751 KV. Ver Figura 3.24.



**Figura 3.24: Perfil de tensión a demanda máxima cuando se encuentran cargando 3 vehículos**

Si se encuentran cargando cuatro vehículos eléctricos en la electrolinera el nivel de voltaje es de 13.746 KV. El perfil de tensión puede ser observado en la figura 3.25.



**Figura 3. 25: Perfil de tensión a demanda máxima cuando se encuentran cargando 4 vehículos**

### 3.8.4 Flujo de carga Alimentador LA LAGUNA

El Alimentador LA LAGUNA proviene de la subestación LAGOS DEL BATAN que cuenta con una capacidad 16 MVA, a un nivel de tensión de 13,8 KV. Cuenta con 3 transformadores monofásicos de 15 KVA, 122 transformadores monofásicos de 25 KVA, 64 transformadores monofásicos de 37,5 KVA, 40 transformadores monofásicos de 50 KVA y un transformador trifásico de 100 KVA. En demanda máxima la carga alcanza un valor de 5063,1 MVA.

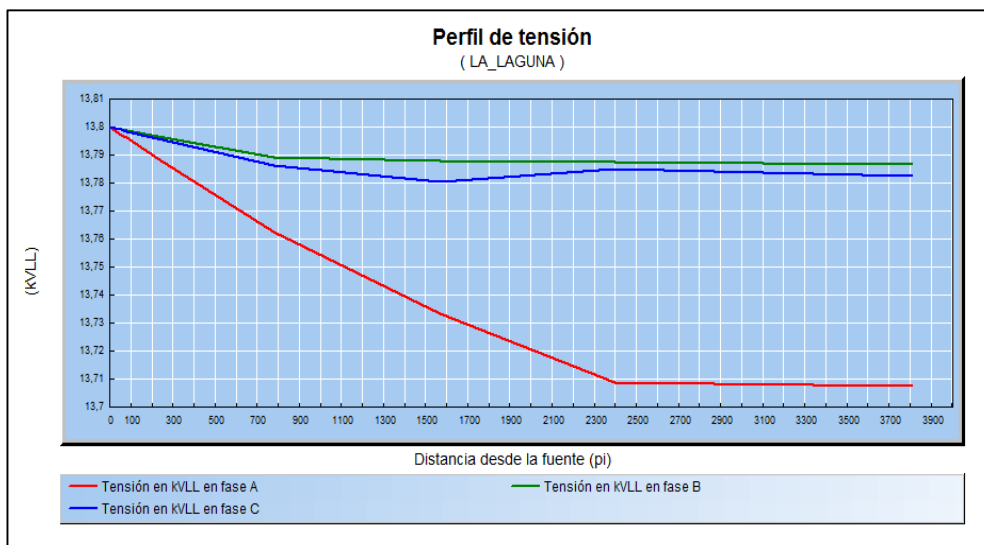
Resultados de la simulación cuando se conecta 1 vehículo							
	V base	kVLL	kVLN	i (A)	kVA	kW	kVAR
<b>A</b>	119,2	13,7	7,9	3,6	28,4	26	11,5
<b>B</b>	121,1	13,8	8	3,5	28,4	26	11,5
<b>C</b>	118,7	13,8	7,9	7,7	60,8	59,4	12,9
<b>TOTAL</b>					117	111	36
Resultados de la simulación cuando se conectan 2 vehículos							

	V base	kVLL	kVLN	i (A)	kVA	kW	kVAR
<b>A</b>	119,2	13,7	7,9	6,5	51,6	46,9	21,5
<b>B</b>	121	13,8	8	6,4	51,6	46,9	21,4
<b>C</b>	118,7	13,8	7,9	10,6	83,6	80,4	22,9
<b>TOTAL</b>					186	174	66
<b>Resultados de la simulación cuando se conectan 3 vehículos</b>							
	V base	kVLL	kVLN	i (A)	kVA	kW	kVAR
<b>A</b>	119,1	13,7	7,9	9,5	75,2	67,9	32,2
<b>B</b>	121	13,8	8	9,3	75,1	67,9	32
<b>C</b>	118,6	13,8	7,9	13,6	106,8	101,4	33,6
<b>TOTAL</b>					257	237	98
<b>Resultados de la simulación cuando se conectan 4 vehículos</b>							
	V base	kVLL	kVLN	i (A)	kVA	kW	kVAR
<b>A</b>	119,1	13,7	7,9	12,5	99,1	89	43,6
<b>B</b>	121	13,8	8	12,3	99	89	43,4
<b>C</b>	118,6	13,8	7,9	16,6	130,5	122,5	45
<b>TOTAL</b>					328	300	132

**Tabla 30: Resultados de la simulación para los cuatro escenarios**

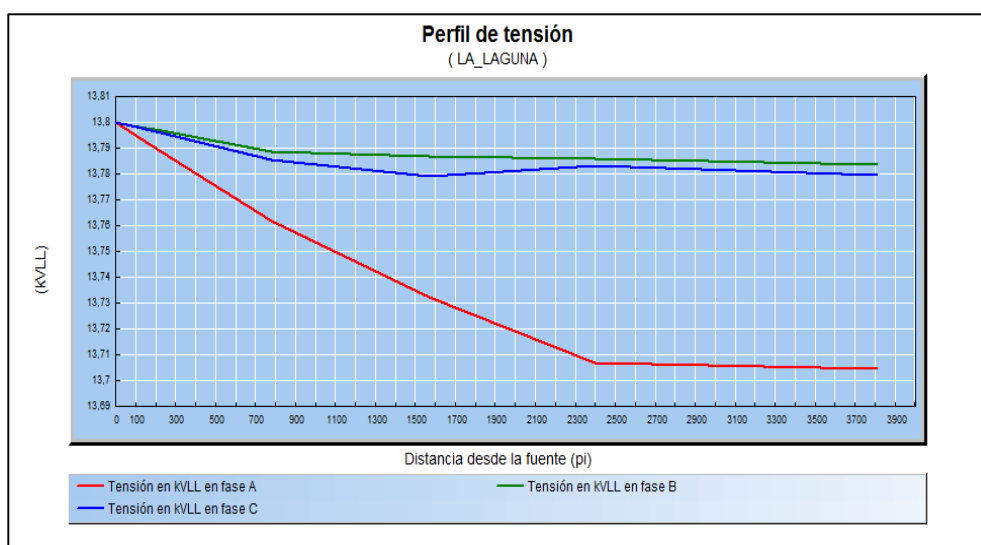
Se puede observar en la tabla 20 que cuando se encuentra cargando un vehículo eléctrico existe una caída de tensión con un porcentaje de 0,667% debido al voltaje mostrado, al cargar dos vehículos la caída es de 0,688%, al tener tres vehículos cargando el porcentaje de caída es de aproximadamente 0,710% y para el cuarto escenario con carga de cuatro vehículos el porcentaje aumenta a un 0,732%; sin embargo, ningún valor es considerado no aceptable.

En la figura 3.26 se encuentra el perfil de tensión a lo largo de la alimentadora en demanda máxima y cuando se encuentra cargando un vehículo eléctrico. La electrolinera se encuentra instalada a 3812,1 pies de la subestación, para esa distancia el nivel de voltaje es de 13.708 KV.



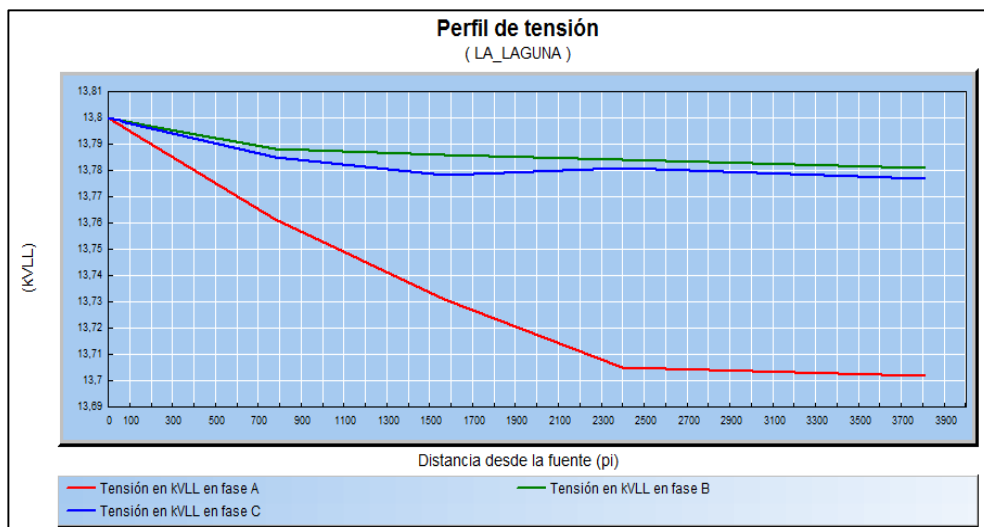
**Figura 3.26: Perfil de tensión a demanda máxima cuando se encuentra cargando 1 vehículo**

Al cargar dos vehículos eléctricos en la electrolinera el voltaje es de 13.705 KV y el perfil de tensión se puede observar en la figura 3.27.



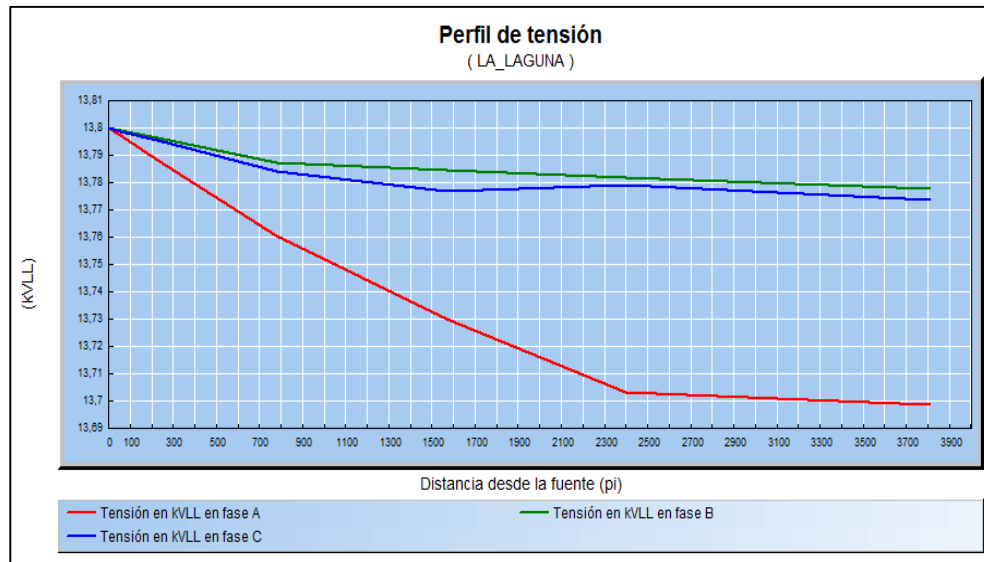
**Figura 3. 27: Perfil de tensión a demanda máxima cuando se encuentran cargando 2 vehículos**

Cuando se encuentran cargando 3 vehículos eléctricos en la electrolinera el nivel de voltaje es de 13.702 KV. El perfil de tensión se evidencia en la figura 3.28.



**Figura 3.28: Perfil de tensión a demanda máxima cuando se encuentran cargando 3 vehículos**

El nivel de voltaje es de 13.699 KV cuando cuatro vehículos eléctricos se están cargando en la electrolinera. En la figura 3.29 se expone el perfil de tensión.



**Figura 3. 29: Perfil de tensión a demanda máxima cuando se encuentran cargando 4 vehículos**

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se tuvo gran aceptación sobre el cambio de vehículos convencionales por vehículos eléctricos por parte del público al cual fueron dirigidas las encuestas ya que están dispuestas a contribuir con el medio ambiente. Con tales resultados se llegó a la conclusión que la implementación de electrolinerías sería de beneficio para los usuarios comprometidos en la compra de vehículos eléctricos. Sin embargo, las personas no están del todo dispuestas a esperar los 30 min estipulados de recarga; además, en los resultados de proyección de ventas la cantidad de autos 100% eléctricos era mínima con respecto a los vehículos híbridos. Como respuesta a esto las electrolinerías servirían como emergencia, siendo un punto óptimo colocar dos para cada ciudad.

Para la ubicación de las electrolinerías se vieron los factores de impacto visual y concurrencia de personas, además se consideró que serían únicamente para el uso en el caso emergente, por tal razón, éstas se encontrarían en las entradas/salidas de Guayaquil y Samborondón, teniendo la idea de que los usuarios las usarían al llegar de sus viajes realizados fuera de la ciudad.

No existe un plan detallado para la introducción de los vehículos eléctricos por parte de las marcas que venden vehículos en Guayaquil y para conseguir una proyección de venta de vehículos eléctricos más cercana a la realidad se debería tener una mayor cantidad de datos históricos que no fueron proporcionados por todas las marcas de vehículos eléctricos. Se obtuvieron los datos de vehículos híbridos enchufables, sin embargo, éstos no formarían parte del estudio por medio del cual se podría conocer la cantidad de electrolinerías que se implementarían en Guayaquil y Samborondón.

Como mejora al tema se precisa conocer datos del terreno en el cual estaría cada electrolinería; para así hacer un estudio más detallado que incluiría el cálculo de malla de tierra.

Con la estimación de demanda para cada electrolinería, sería necesario conocer las cargas posibles (de manera detallada) que tendría cada una para llegar a tener la demanda real y así poder obtener el dimensionamiento exacto de equipos.

Con la implementación próxima de electrolineras en Loja se puede llegar a obtener mayor información sobre la tarifa que se cobraría e incluso sobre la instalación realizada.

Los transformadores usados en cada electrolinera se mandarán a fabricar con la finalidad de tener los voltajes deseados. Se recomienda que se manden a homologar dichos transformadores.

Con respecto al uso de la tecnología RFID (para identificación), se requiere que el vehículo eléctrico posea una etiqueta para que sea únicamente éste el que sea conectado a la toma de corriente. De igual manera, en cuanto a la tarifa cobrada para los vehículos eléctricos, se da al usuario facilidad de ahorro a diferencia del cobro por carga con tarifa residencial.

Se recomienda que para los parqueos en edificios exista al menos dos puntos de recarga semi-rápida que incentive el uso de los vehículos eléctricos

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Twenergy, «Twenergy,» Iniciativa de Endesa por la eficiencia y la sostenibilidad, 08 Abril 2015. [En línea]. Available: <https://twenergy.com>.
- [2] «Andes,» 28 Febrero 2015. [En línea]. Available: <http://www.andes.info.ec>.
- [3] Ministerio Coordinador de Producción, Empleo y Competitividad, «Vehículos eléctricos, una realidad en Ecuador,» MCPEC, [En línea]. Available: <http://www.produccion.gob.ec>. [Último acceso: Mayo 2017].
- [4] Electromaps, «ELECTROMAPS,» Coches eléctricos, [En línea]. Available: <https://www.electromaps.com>.
- [5] Endesa, «Vehículo eléctrico,» Tipos de recarga, [En línea]. Available: <https://www.endesavehiculoelectrico.com>. [Último acceso: Mayo 2017].
- [6] BATTERIE, «Modos de carga o nivel de comunicación: BATTERIE,» [En línea]. Available: <http://www.faen.es>. [Último acceso: Mayo 2017].
- [7] J. M. Salmerón Ozores, *Diseño de la instalación eléctrica de una electrolinera*, Madrid : Universidad Carlos III de Madrid, 2012.
- [8] Boletín Oficial del Estado, «Disposiciones generales,» de *Ministerio de industria, energía y turismo.*, España , 2014.
- [9] J. Torres, *Estudio de viabilidad en la implementación de vehículos eléctricos en la ciudad de Cuenca*, Cuenca, 2015.
- [10] AENOR, «Asociación Española de Normalización y Certificación,» [En línea]. Available: <http://www.iet.es>.
- [11] Sector Eléctrico, «Aprobación de la norma ITC-BT 52,» 30 Septiembre 2011. [En línea]. Available: [http://www.gencat.cat/infonorma/pdf/PRD\\_aprobacion\\_ITC\\_BT\\_52.pdf](http://www.gencat.cat/infonorma/pdf/PRD_aprobacion_ITC_BT_52.pdf).
- [12] Agencia de Regulación y Control de Electricidad, «Resolución No. ARCONEL-038/15,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.regulacionelectrica.gob.ec>. [Último acceso: Mayo 2017].



- [13] Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil, *Normas de acometidas, cuartos de transformadores y sistemas de medición para el suministro de electricidad*, Guayaquil: NATSIM, 2012.
- [14] J. Gutiérrez, «Puntos de recarga: la energía necesaria para el impulso del vehículo eléctrico en España,» *RTVE*, 2017.
- [15] Regional Sur, «Loja, la primera ciudad de Ecuador donde operan taxis eléctricos,» *Diario El Telégrafo*, p. 1, 31 Diciembre 2016.
- [16] Agencia de regulación y control de electricidad, «Estadística anual y multianual del sector eléctrico,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.regulacioneolica.gob.ec/estadistica-del-sector-electrico/boletines-estadisticos/>.
- [17] SENA , «Blackboard,» 2007. [En línea]. Available: [https://senaintro.blackboard.com/bbcswebdav/institution/semillas/621127\\_1\\_VIRTUAL/Contenidos/Documentos/Material%20Complementario/Mat.%20Apoyo%20Guia%204/PRON%C3%93STICO%20DE%20VENTAS.pdf](https://senaintro.blackboard.com/bbcswebdav/institution/semillas/621127_1_VIRTUAL/Contenidos/Documentos/Material%20Complementario/Mat.%20Apoyo%20Guia%204/PRON%C3%93STICO%20DE%20VENTAS.pdf). [Último acceso: 2017].
- [18] Órgano del Gobierno del Ecuador, «Registro oficial,» de *EL DIRECTORIO DE LA AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ELECTRICIDAD - ARCONEL*, Quito, 2015.
- [19] Boletín IIE, «Aplicación de tecnologías de medición avanzada (AMI) como instrumento para reducción de pérdidas,» J. Gómez, R. Castán, J. Montero, J. Meneses, J. García, 2015.
- [20] ARCONEL , «Pliego tarifario para las empresas eléctricas,» 2017. [En línea]. Available: <http://www.regulacioneolica.gob.ec>.
- [21] AEADE, «Movilidad eléctrica,» [En línea]. Available: <http://www.aeade.net>.
- [22] EL TELÉGRAFO, «Noticias Guayaquil,» 13 06 2011. [En línea]. Available: <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/guayaquil/10/consumo-de-hasta-500-kw-solo-depende-del-usuario>.
- [23] EL FINANCIERO, «Electrolineras. Vehículos eléctricos.,» 21 01 2015. [En línea]. Available: <http://www.elfinanciero.com.mx/economia/si-quieres-recargar-tu-auto-electrico-en-casa-sigue-estos-pasos.html>.

- [24] Comité Interinstitucional de Seguridad e Higiene del Trabajo, «REGLAMENTO DE SEGURIDAD DEL TRABAJO CONTRA RIESGOS EN INSTALACIONES DE ENERGÍA ELÉCTRICA,» Acuerdo No. 013, Quito.
- [25] J. A. P. Criado, Diseño y cálculo de las instalaciones eléctricas de una estación de servicio para repostar vehículos eléctricos, Linares, 2016.
- [26] «www.guayaquil.gob.ec,» 24 Mayo 2014. [En línea]. Available: <http://www.guayaquil.gob.ec/c%C3%B3mo-obtengo-el-permiso-para-la-instalaci%C3%B3n-de-r%C3%B3tulos-publicitarios>.
- [27] EVlink, *Soluciones de recargas para vehículos eléctricos*, España: Schneider Electric, 2011.
- [28] INGEREV, *Infraestructura de recarga para vehículos eléctricos*, España: Ingeteam, 2012.
- [29] Normativa europea para iluminación de interiores , «Requisitos de iluminación según actividad,» Phillips.
- [30] M. Marcano, «Memoria de cálculos de MT,» Proyectos, España.
- [31] L. Cevallos, «DISEÑO DE MEDIA TENSIÓN, BAJA TENSIÓN Y ALUMBRADO PÚBLICO PARA LA REMODELACIÓN DEL SECTOR CAUPICHICO 2,» Universidad Politécnica Salesiana, Quito , 2009.
- [32] A. Martínez, «Cálculo de fusibles de una instalación eléctrica,» ETS Arquitectura.
- [33] A. Arancibia y S. Kai, *Modeling of an Electric Vehicle Charging Station for Fast DC Charging*, Berlin: Technical University .
- [34] INDECO, *Catálogo de conductores eléctricos*, Empresa Nexans.
- [35] ELECTROCABLES C.A., *Catálogo de productos*, Guayaquil.
- [36] *Centros de transformación*, Líneas aéreas y subterráneas de B.T.
- [37] R. Chumbi y T. Verdugo, «Universidad de Cuenca,» 2013. [En línea]. Available: <http://dspace.ucuenca.edu.ec>.

## ANEXOS I

La encuesta que se muestra a continuación fue realizada a la clase social alta y media alta de Guayaquil y Samborondón con el fin de conocer la factibilidad de la implementación de las electrolinerías.

### ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

“Proyecto Integrador”

#### DISEÑO DE CONSTRUCCIÓN Y ANÁLISIS DE EMPLAZAMIENTO DE ELECTROLINERAS EN GUAYAQUIL Y SAMBORONDÓN

1. ¿Posee en su domicilio un vehículo?
 

\_\_\_ SI    Cuántos: \_\_\_\_\_

\_\_\_ NO
2. ¿Estaría usted interesado en adquirir un vehículo eléctrico?
 

\_\_\_ SI

\_\_\_ NO
3. ¿Cuál es su presupuesto aproximado para comprar un vehículo eléctrico?
 

\$ \_\_\_\_\_
4. ¿Esperaría cargar su vehículo durante 30 minutos en una electrolinera o prefiriese un parqueo de centro comercial o lugar turístico?
 

\_\_\_ Electrolinera

\_\_\_ Parqueo de centro comercial o lugar turístico
5. ¿Prefiere cargar su vehículo en casa por 4 horas u 8 horas? (por las noches)
 

\_\_\_ 4 horas

\_\_\_ 8 horas

Para realizar la proyección de ventas se realizaron las siguientes preguntas a las concesionarias de KIA, BYD y Nissan.

## **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

“Proyecto Integrador”

### **DISEÑO DE CONSTRUCCIÓN Y ANÁLISIS DE EMPLAZAMIENTO DE ELECTROLINERAS EN GUAYAQUIL Y SAMBORONDÓN**

- 1.** ¿Cuál es el pronóstico esperado para los próximos años en cuanto a la venta de los vehículos eléctricos en el país?
- 2.** ¿Cómo ha reaccionado el público ante los autos eléctricos?
- 3.** ¿Se notan interesadas las personas en adquirir los kits carga rápida?

## ANEXOS II

Se presentan a continuación los cálculos para la implementación de las electrolineras:

### a) Potencia instalada

- Potencia de los cargadores

$$P_{cargadores} = 4 * 62,5kW * 0,8$$

$$P_{cargadores} = 200kW$$

- Potencia de los locales

$$P_{local1} = 300 \frac{W}{m^2} * 20m^2$$

$$P_{local1} = 6000W$$

$$P_{local2} = 250 \frac{W}{m^2} * 35m^2$$

$$P_{local2} = 8750W$$

- Potencia de la iluminación

$$P_{iluminación\ exterior} = 4,5 \frac{W}{m^2} * 110m^2$$

$$P_{iluminación\ exterior} = 495W$$

- Demanda total de la electrolinera

$$P_{electrolinera} = 200000 + 6000 + 8750 + 495$$

$$P_{electrolinera} = 215,25kW$$

Con la potencia de la electrolinera se busca un transformador comercial que multiplicado por el factor de potencia de 0,92 dé una potencia mayor a la potencia de la electrolinera para el caso de aumento de cargas a futuro. El transformador que se escogerá tendrá una potencia de 300kVA con el que se consigue tener una potencia activa de 276kW.

**b) Intensidad nominal en media tensión y baja tensión**

- Intensidad de la red al centro de transformación

$$P = 300 * 0,92 = 276kW$$

$$I_n = \frac{276}{\sqrt{3} * 13,8 * 0,92}$$

$$I_n = 12,55 [A]$$

Conductor a usar: N2XSY 25mm<sup>2</sup> - 15 kV

- Intensidad del centro de transformación al cuadro de baja tensión para locales e iluminación exterior

$$I_n = \frac{15,25}{0,220 * 0,92}$$

$$I_n = 75,35 [A]$$

Conductor a usar: 4 AWG THHW - 600V. Formación: unilay

- Intensidad del centro de transformación al cuadro de baja tensión para cargadores

$$I_n = \frac{200}{\sqrt{3} * 0,400 * 0,92}$$

$$I_n = 313,78 [A]$$

Conductor a usar: 300 AWG THHW - 600V. Formación: cableado concéntrico.

- Intensidad del cuadro de baja tensión a los cargadores

$$I_n = \frac{69,5}{\sqrt{3} * 0,400 * 0,92}$$

$$I_n = 109,04 [A]$$

Conductor a usar: 2 AWG THHW - 600V. Formación: unilay.

- Intensidad del cuadro de baja tensión al local 1

$$I_n = \frac{6}{0,220 * 0,92}$$

$$I_n = 29,64[A]$$

Conductor a usar: 12 AWG THHW - 600V. Formación: sólido.

– Intensidad del cuadro de baja tensión al local 2

$$I_n = \frac{8,75}{0,220 * 0,92}$$

$$I_n = 43,23[A]$$

Conductor a usar: 8 AWG THHW - 600V. Formación: sólido.

– Intensidad del cuadro de baja tensión a iluminación exterior

$$I_n = \frac{0,495}{0,220 * 0,92}$$

$$I_n = 2,45[A]$$

Conductor a usar: 14 AWG THHW - 600V. Formación: sólido.

### c) Caída de tensión

– Caída de tensión de la red al centro de transformación

Con la resistencia y reactancia de la tabla de conductores presentada en Anexos III, se tiene el siguiente resultado:

$$\Delta V = \sqrt{3} * 12,55 * 0,018 * (0,927 * 0,92 + 0,1713 * \text{sen}(23,07^\circ))$$

$$\Delta V = 0,359 [V]$$

Al sacar el porcentaje de caída de tensión que no debe sobrepasar el 5% se obtiene lo que se muestra a continuación:

$$\Delta V\% = \frac{0,359}{13800} * 100\%$$

$$\Delta V\% = 0,0026\%$$

### d) Máxima transferencia de potencia

– Máxima transferencia de potencia para el centro de transformación

$$P_{Lm\acute{a}x} = \sqrt{3} * 13,8 * 160 * 0,92$$

$$P_{Lm\acute{a}x} = 3518,42kW$$

Tomando en consideraci3n la ca3da de tensi3n, se muestra el siguiente resultado:

$$P_{Lm\acute{a}x} = \frac{13,8^2 * 0,92}{(0,927 * 0,92 + 0,1713 * \text{sen}(23,07)) * 0,03} * \frac{5\%}{100\%}$$

$$P_{Lm\acute{a}x} = 317,41kW$$

El valor de 317, 41kW indica que la potencia transferida por el conductor subterr\neo es id3nea debido a que la demanda de la electrolinera es menor.

#### e) Centro de transformaci3n

- Intensidad del lado de alta tensi3n del transformador trif\asico

$$I_{AT3\phi} = \frac{300}{\sqrt{3} * 13,8}$$

$$I_{AT3\phi} = 12,55 [A]$$

- Intensidad del lado de baja tensi3n del transformador trif\asico

$$I_{BT3\phi} = \frac{300}{\sqrt{3} * 0,400}$$

$$I_{BT3\phi} = 433,01 [A]$$

- Intensidad del lado de alta tensi3n del transformador monof\asico

$$I_{AT1\phi} = \frac{25}{0,400}$$

$$I_{AT1\phi} = 62,5 [A]$$

- Intensidad del lado de baja tensi3n del transformador monof\asico

$$I_{BT1\phi} = \frac{25}{0,220}$$

$$I_{BT1\phi} = 113,64 [A]$$



#### f) Protecciones del centro de transformación

Para el lado de media tensión se usarán fusibles y para el lado de baja tensión de cada transformador un disyuntor.

– Fusibles para el lado de media tensión

Para hallar la corriente nominal del fusible se usará la Tabla 2.11. Escogiendo el voltaje de media tensión de 13,8kV y capacidad del transformador de 300kVA se tendrá un fusible de 25 amperios tipo K. El valor de  $I_n$  será la corriente que pasa por el lado de alta tensión del transformador trifásico. Con los valores mencionados con anterioridad se puede hallar el valor de  $K$  de la curva de fusión (valor comprendido entre 2 y 3):

$$K = \frac{25}{12,55} = 2$$

Se obtiene un valor de 2 y la curva representativa para el fusible 25K se muestra en Anexos III.

Para verificar la correcta elección se cumplen las siguientes condiciones:

La corriente del lado de alta tensión del transformador debe ser menor a la corriente nominal del fusible y la corriente nominal del fusible debe ser menor a la corriente del conductor.

$$a) I_n < I_f < I_c = 12,55 < 25 < 160$$

La corriente convencional de fusión debe ser menor que el 145% de la corriente del conductor.

$$b) I_2 < 1,45 * I_c = I_2 < 1,45 * 160 = I_2 < 232A$$

Teniendo la corriente nominal de fusible se usará la Tabla 2.7 para verificar el tiempo convencional y la corriente convencional de fusión, teniendo un tiempo de 1h y un factor de 1,6 de la corriente nominal del fusible.

$$c) I_2 = x * I_f = 1,6 * 25 = 40A$$

El valor de 40A debe ser menor que el 145% de la corriente del conductor y se verifica que cumple dicha condición.

- Disyuntores para el lado de baja tensión de cada transformador

Para el transformador trifásico se tendrá un disyuntor de 500A y para el transformador monofásico se tendrá un disyuntor de 125A ubicados en el cuadro de medidores.

#### g) Filtros armónicos

Según las ecuaciones en la sección 2.8.6 y los resultados de la simulación, la distorsión armónica de orden 5 supera los límites permitidos, para ello se instalara un filtro para la quinta armónica.

La potencia reactiva del circuito a la frecuencia fundamental es de 36 [KVar], se la calculo asumiendo un factor de potencia de 0,92 cuando se encuentran cargando cuatro vehículos, y el factor de calidad seleccionado es de 20, por lo tanto la reactancia capacitiva es igual a:

$$X_c = \frac{400^2}{36000} = 4,50 \text{ } [\Omega]$$

Una vez calculado la reactancia capacitiva se calcula la capacitancia inductiva

$$X_l = \frac{4,50}{5^2} = 0,18 \text{ } [\Omega]$$

La resistencia se calcula en función del factor de calidad del filtro

$$R = \frac{5 * 0,18}{20} = 0,0450 \text{ } [\Omega]$$

Capacidad KVAR	R [ $\Omega$ ]	L [mH]	C [mf]	Factor de calidad
36	0,045	0,478	588,54	20

**Tabla 31: Parámetros del filtro armónico**

## ANEXOS III

La figura mostrada a continuación detalla los parámetros eléctricos para el conductor de media tensión N2XSJY 8.7/15 kV usado para el tramo subterráneo.

SECCION NOMINAL	RESISTENCIA DC a 20°C	RESISTENCIA AC		REACTANCIA INDUCTIVA		AMPACIDAD ENTERRADO (20°C)		AMPACIDAD AIRE (30°C)	
		(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)
mm²	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	(A)	(B)	(A)	(B)
25	0.727	0.927	0.927	0.2964	0.1713	180	160	195	165
35	0.524	0.668	0.669	0.2849	0.1627	215	190	235	200
50	0.387	0.494	0.494	0.2704	0.1513	250	225	280	240
70	0.268	0.342	0.342	0.2579	0.1426	305	275	350	295
95	0.193	0.247	0.247	0.2474	0.1365	360	325	420	360
120	0.153	0.196	0.196	0.2385	0.1305	405	370	485	410
150	0.124	0.159	0.160	0.2319	0.1264	445	410	540	465
185	0.0991	0.127	0.128	0.2250	0.1230	495	460	615	530
240	0.0754	0.098	0.099	0.2160	0.1177	570	535	720	625
300	0.0601	0.078	0.08	0.2091	0.1139	630	600	815	715
500	0.0366	0.050	0.053	0.1957	0.1081	750	745	1010	925

Para baja tensión se tendrán los siguientes conductores tipo THHW:

CONDUCTOR			Espesor de Aislamiento (mm)	Diámetro Externo Aprox. (mm)	Peso total kg / km	Capacidad de Corriente (Amp)**
CALIBRE (AWG o kcmil)	Sección Transversal (mm²)	No. Hilos				
<b>FORMACIÓN SÓLIDO</b>						
14	2,08	1	0,76	3,15	25,91	25
12	3,31	1	0,76	3,57	38,15	30
10	5,261	1	0,76	4,11	57,17	40
8	8,367	1	1,14	5,544	94,89	55
<b>FORMACIÓN UNILAY</b>						
14	2,08	19	0,76	3,35	27,13	25
12	3,31	19	0,76	3,793	39,77	30
10	5,261	19	0,76	4,389	59,51	40
8	8,367	19	1,14	5,896	98,88	55
6	13,3	19	1,52	7,602	159,74	75
4	21,15	19	1,52	8,793	239,13	95
2	33,62	19	1,52	10,293	362,80	130
1	42,4	19	2,03	12,207	473,25	150
1/0	53,49	19	2,03	13,21	583,27	170
2/0	67,44	19	2,03	14,33	720,49	195
3/0	85,02	19	2,03	15,594	892,21	225
4/0	107,2	19	2,03	17,014	1107,41	260
<b>FORMACIÓN CABLEADO CONCÉNTRICO</b>						
250	126,7	37	2,41	19,45	1325,14	290
300	152	37	2,41	20,85	1570,05	320
350	177	37	2,41	22,11	1810,81	350
400	203	37	2,41	23,321	2060,20	380
500	253	37	2,41	25,477	2538,18	430
600	304	61	2,79	28,251	3054,55	475
750	380	61	2,79	30,924	3776,11	535
1000	507	61	2,79	34,857	4975,81	615

\*\*La capacidad máxima de corriente, para no más de 3 conductores en tensión en ducto, cable o tierra (directamente enterrados), para temperatura ambiente de 30°C. Ref NEC (Tabla 310.16)

La curva de fusión para los fusibles tipo K de media tensión se muestra como sigue:

