



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**CARRERA ELECTRICIDAD**

Trabajo de Integración  
Curricular previa la obtención  
del Grado Académico de  
Ingeniero Eléctrico.

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:**

**“ESTUDIO DE LA INTEGRACIÓN DE ESTACIONES DE CARGA PARA  
VEHÍCULOS ELÉCTRICOS Y SU INFLUENCIA EN LAS REDES DE  
DISTRIBUCIÓN DE LA SUBESTACIÓN QUEVEDO SUR – SAN JOSÉ SUR”**

**Autor:**

BYRON SANTIAGO RENDÓN ESPINOZA

**Directora de Proyecto de Investigación:**

ING. SILVIA VIRGINIA TAPE QUILLIGANA, MSC.

**QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR.**

2025



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **BYRON SANTIAGO RENDÓN ESPINOZA**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

**BYRON SANTIAGO RENDÓN ESPINOZA**

**C.I: 1206818450**



## CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN


La suscrita, **Ing. Silvia Virginia Taipe Quilligana, MSc.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Byron Santiago Rendón Espinoza**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**Estudio de la integración de estaciones de carga para vehículos eléctricos y su influencia en las redes de distribución de la subestación Quevedo Sur – San José Sur**”, previo a la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

**Ing. Silvia Virginia Taipe Quilligana, MSc.**  
**DIRECTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



## CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

La suscrita, **Ing. Silvia Virginia Taipe Quilligana, MSc.**, mediante el presente cumpla en presentar a usted, el informe de proyecto de Investigación titulado “**Estudio de la integración de estaciones de carga para vehículos eléctricos y su influencia en las redes de distribución de la subestación Quevedo Sur – San José Sur**” Presentado por el estudiante, **Byron Santiago Rendón Espinoza**, egresado de la Carrera Electricidad, que fue revisado bajo mi dirección según resolución del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, que se ha desarrollado de acuerdo al Reglamento de la Unidad de Integración Curricular de la Universidad Técnica Estadal de Quevedo y cumple con el requerimiento de análisis de COMPILATIO el cual avala los niveles de originalidad en un 98% y similitud 2%, del trabajo investigativo. Valido este documento para que el estudiante siga con los trámites pertinentes, de acuerdo como lo establece el Reglamento.

 CERTIFICADO DE ANÁLISIS  
magister

Byron Rendon Tesis Final

**2%**  
Textos sospechosos

2% Similitudes  
< 1% similitudes entre comillas  
0% entre las fuentes mencionadas  
0% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: Byron Rendon Tesis Final.pdf  
ID del documento: b12d4a124c01995fd7a32901e6abe8df1dc1150b  
Tamaño del documento original: 2,82 MB  
Autores: []

Depositante: SILVIA VIRGINIA TAIPE QUILLIGANA  
Fecha de depósito: 22/3/2025  
Tipo de carga: interface  
fecha de fin de análisis: 22/3/2025

Número de palabras: 27.449  
Número de caracteres: 199.154

**Ing. Silvia Virginia Taipe Quilligana, MSc.**

**DIRECTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
CARRERA ELECTRICIDAD

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“ESTUDIO DE LA INTEGRACIÓN DE ESTACIONES DE CARGA PARA  
VEHÍCULOS ELÉCTRICOS Y SU INFLUENCIA EN LAS REDES DE  
DISTRIBUCIÓN DE LA SUBESTACIÓN QUEVEDO SUR – SAN JOSÉ SUR”

Presentado al Consejo Directivo de Facultad como requisito previo a la obtención del título  
de Ingeniero Eléctrico

Aprobado por:

\_\_\_\_\_  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Juan Carlos Pisco Vanegas, MSc

\_\_\_\_\_  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Cristian Samuel Laverde Albarracín, PhD

\_\_\_\_\_  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Diego Patricio Peña Banegas, MSc.

QUEVEDO – LOS RIOS – ECUADOR

2025

## **AGRADECIMIENTO**

Primero, quiero agradecer a Dios por acompañarme siempre en cada decisión, por dotarme de capacidades, aptitudes y perseverancia para lograr este importante título. Mi agradecimiento eterno a mis padres Santiago Rendón y Dalia Espinoza por su valiosa guía, paciencia y conocimientos compartidos a lo largo de este proceso. Su orientación fue fundamental para el desarrollo y culminación de esta etapa.

A mis dos hermanas Victoria y Diana por haberme ayudado siempre desde los inicios de mi carrera, han sido mi constante fuente de inspiración y motivación, impulsándome a perseverar y hacer realidad este objetivo.

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron a su realización. A mis compañeros y amigos que conocí en el transcurso de mi etapa universitaria, quienes con sus consejos, ideas y compañía hicieron de este proceso una gran experiencia.

Finalmente, deseo expresar mi sincero agradecimiento a la Ing. Silvia Taipe, mi directora de tesis, por su orientación, paciencia y consejos durante el desarrollo de este proyecto de investigación.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de investigación a toda mi familia, y de manera especial a mis padres, quienes han sido fundamentales en mi formación como persona. Gran parte de mis logros, incluido este, son gracias a ustedes, ya que su apoyo incondicional ha sido el pilar que me permitió alcanzar esta meta y avanzar en mi desarrollo profesional.

A mis hermanas por siempre estar pendiente de cada uno de mis pasos, mostrarme su apoyo incondicional, por su constante ánimo que ha sido esencial para alcanzar esta meta.

## RESUMEN

La presente investigación analiza el impacto de la integración de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en el alimentador San José Sur, analizando su efecto en la demanda energética, la estabilidad del sistema y la calidad del servicio eléctrico. Se realizó un análisis comparativo del comportamiento del alimentador en distintos escenarios: sin estaciones de carga, con una, dos y tres estaciones de carga rápida. A partir de los datos obtenidos mediante el software CYMDIST y CNEL EP, se evaluaron parámetros clave como la cargabilidad de los tramos, el factor de potencia, las pérdidas eléctricas y los niveles de distorsión armónica (THD). Los resultados muestran que la integración de estaciones de carga incrementa significativamente la carga total del alimentador y las pérdidas de potencia, lo que podría generar sobrecargas en ciertos tramos si no se implementan medidas correctivas. Sin embargo, se determinó que el sistema aún cumple con los límites normativos establecidos por la ARCERNR 002/20, garantizando una operación estable en las condiciones actuales.

El estudio también destaca beneficios de la integración de electrolineras como mejor gestión de la demanda, la optimización del factor de potencia y la modernización de la infraestructura como estrategias clave para mitigar el impacto de la carga rápida en la red. Asimismo, se mencionan casos de estudio que muestran la viabilidad de integrar energías renovables en el sistema de carga para reducir la dependencia de la red eléctrica convencional y mejorar la sostenibilidad del sistema.

**Palabras clave:** Vehículos eléctricos, carga rápida, electrolinera, cargabilidad, alimentador.

## ABSTRACT

This research analyses the impact of integrating fast charging stations for electric vehicles in the San José Sur feeder, analyzing its effect on energy demand, system stability and quality of electric service. A comparative analysis of the feeder's behavior was carried out in different scenarios: without charging stations, with one, two and three fast charging stations. From the data obtained using the CYMDIST and CNEL EP software, key parameters such as the load ability of the sections, the power factor, electrical losses and harmonic distortion levels (THD) were evaluated. The results show that the integration of charging stations significantly increases the total load of the feeder and power losses, which could generate overloads in certain sections if corrective measures are not implemented. However, it was determined that the system still complies with the regulatory limits established by ARCERNNR 002/20, guaranteeing stable operation under current conditions.

The study also highlights benefits of integrating electric charging stations such as better demand management, power factor optimization and infrastructure modernization as key strategies to mitigate the impact of fast charging on the grid. It also mentions case studies that show the feasibility of integrating renewable energy into the charging system to reduce dependence on the conventional electricity grid and improve the sustainability of the system.

**Keywords:** Electric vehicles, fast charging, electric charging station, chargeability, feeder.

## TABLA DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS .....	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	vi
DEDICATORIA .....	vii
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT .....	ix
CÓDIGO DUBLIN .....	xx
INTRODUCCIÓN.....	1
1. CAPÍTULO I CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	2
1.1. Problema de investigación .....	3
1.1.1. Planteamiento del problema. ....	3
1.1.2. Formulación del problema.....	4
1.1.3. Sistematización del problema.....	4
1.2. Objetivos.....	4
1.2.1. Objetivos generales.....	4
1.2.2. Objetivos específicos.....	4
1.3. Justificación .....	4
2. CAPÍTULO II FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN .....	6
2.1. Marco teórico.....	7
2.1.1. Vehículos eléctricos .....	7
2.1.2. Tipos de vehículos eléctricos.....	7
2.1.2.1 Vehículos Eléctricos de Batería (BEV).....	7
2.1.2.2 Vehículos Híbridos Eléctricos (HEV).....	7
2.1.2.3 Vehículos eléctricos híbridos enchufables (PHEV).....	7

2.1.2.4	Vehículos eléctricos de celda de combustible (FCEV) .....	8
2.1.2.5	Vehículos eléctricos de mayor frecuencia en el mercado. ....	8
2.1.3.	Tesla Model 3 .....	8
2.1.4.	Nissan Leaf.....	8
2.1.5.	Volkswagen ID.4 .....	8
2.1.6.	BYD Han EV.....	9
2.1.7.	Características de los vehículos eléctricos.....	10
2.1.7.1	Motor y Propulsión .....	10
2.1.7.2	Baterías recargables .....	10
2.1.7.3	Capacidad de carga .....	10
2.1.8.	Tipos de baterías .....	11
2.1.9.	Eficiencia y Rendimiento .....	11
2.1.10.	Impacto Ambiental .....	11
2.1.11.	Costos y Finanzas .....	12
2.1.12.	Tecnología avanzada.....	12
2.1.13.	Tipos de estaciones de carga.....	12
2.1.13.1	Carga lenta.....	12
2.1.13.2	Carga semi-rápida .....	12
2.1.13.3	Carga rápida. ....	13
2.1.14.	Modelos de carga.....	13
2.1.14.1	Modo 1 .....	13
2.1.14.2	Modo 2 .....	14
2.1.14.3	Modo 3 .....	14
2.1.14.4	Modo 4 .....	14
2.1.15.	Estándares de carga .....	14
2.1.15.1	SAE J1772.....	14
2.1.15.2	Mennekes. ....	15

2.1.15.3	CCS (Combined Charging System) .....	16
2.1.15.4	CHAdeMO .....	16
2.1.15.5	Tesla Supercharger .....	17
2.1.16.	Calidad de energía .....	18
2.1.17.	Perturbaciones rápidas de voltaje (flicker).....	18
2.1.18.	Distorsión armónica de voltaje.....	18
2.1.19.	Desequilibrio de voltaje.....	19
2.1.20.	Redes de distribución .....	19
2.1.21.	Cargabilidad de un alimentador.....	20
2.1.22.	Sobrecarga en los transformadores.....	20
2.1.23.	Parámetros de calidad del servicio eléctrico.....	20
2.1.24.	Factor de potencia.....	21
2.1.25.	Ruido y distorsión.....	21
2.1.26.	Tecnología de puntos de carga actuales en el Ecuador.....	22
2.1.27.	Normativas a considerar para su implementación.....	22
2.1.27.1	Norma IEEE 519 .....	22
2.1.27.2	Norma IEC 61851-23 .....	23
2.1.27.3	Requisitos Nacionales .....	23
2.2.	Marco referencial .....	23
3.	CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	25
3.1.	Localización.....	26
3.2.	Tipo de Investigación.....	27
3.3.	Métodos de investigación .....	28
3.4.	Fuente de recopilación de información.....	29
3.5.	Diseño de la investigación .....	29
3.6.	Instrumentos de investigación .....	30
3.7.	Tratamiento de datos .....	31

3.8.	Recursos humanos y materiales .....	31
4.	CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
4.1.	Alimentador San José Sur .....	33
4.1.1.	Análisis del alimentador .....	33
4.1.2.	Análisis del flujo de carga en los transformadores.....	34
4.1.3.	Transformadores con sobrecarga .....	39
4.1.4.	Análisis de flujo de carga en los conductores.....	40
4.1.5.	Valores máximos de tensión en el año 2023.....	47
4.1.6.	Valores mínimos de tensión en el año 2023 .....	48
4.1.7.	Análisis de distorsión de armónicos .....	49
4.1.8.	Análisis del factor de potencia.....	51
4.1.9.	Análisis de potencia activa por fase .....	52
4.1.9.1	Análisis de Potencia Activa en un intervalo de 7 días .....	52
4.2.	Implementación de electrolineras de carga rápida en el alimentador San José Sur 53	
4.2.1.	Ubicación de las electrolineras .....	53
4.3.	Análisis del estado del alimentador con la implementación de electrolineras. ....	56
4.3.1.	Análisis de la potencia activa en los tramos del alimentador .....	56
4.3.2.	Análisis de las pérdidas de potencia en los tramos del alimentador.....	60
4.3.3.	Análisis de la cargabilidad en los tramos del alimentador .....	63
4.3.4.	Análisis de armónicos.....	66
4.4.	Estado actual del alimentador con electrolineras.....	67
4.4.1.	Análisis del crecimiento de carga en el alimentador .....	68
4.5.	Implicaciones del aumento de la demanda en la planificación eléctrica .....	70
4.6.	Análisis económico .....	70
4.7.	Beneficios en la demanda energética de las estaciones de carga rápida.....	73
4.7.1.	Mejor gestión de la demanda energética .....	73

4.7.2.	Posible mejora del factor de carga del alimentador.....	74
4.7.3.	Impulso a la infraestructura y expansión de la red .....	74
4.7.4.	Integración con Energías Renovables.....	74
4.7.5.	Casos de estudio .....	74
4.7.5.1	Cubierta Fotovoltaica en la ETSII-UPM (Madrid, España) .....	74
4.7.5.2	Electrolineras Solares en Quito (Estudio UPS) .....	75
5.	CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	76
5.1.	Conclusiones.....	77
5.2.	Recomendaciones .....	79
6.	CAPÍTULO VI BIBLIOGRAFÍA.....	80
7.	CAPÍTULO VII ANEXOS.....	90

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de los vehículos eléctricos más comercializados. ....	9
Tabla 2. Comparación entre la carga lenta y rápida para vehículos eléctricos. ....	10
Tabla 3. Características técnicas de los tipos de baterías. ....	11
Tabla 4. Posibles lugares de recarga y sus características. ....	13
Tabla 5. Nivel de voltaje por grupos. ....	18
Tabla 6. Límites para el índice de nivel de voltaje .....	19
Tabla 7. Calidad del servicio eléctrico. ....	21
Tabla 8. Recursos utilizados en la investigación. ....	31
Tabla 9. Estado actual del alimentador. ....	33
Tabla 10. Estado actual de los transformadores con cargabilidad entre el 65% al 100%. ....	35
Tabla 11. Transformadores con sobrecarga del alimentador .....	40
Tabla 12. Tramos del alimentador con cargabilidad entre el 65% al 100% .....	41
Tabla 13. Tramos del alimentador con cargabilidad entre el 45% al 65% .....	43
Tabla 14. Tramos del alimentador con cargabilidad entre el 30% al 45% .....	45
Tabla 15. Tramos del alimentador con cargabilidad entre el 15% al 30% .....	46
Tabla 16. Valores Máximos mensuales de tensión del año 2023. ....	48
Tabla 17. Valores Mínimos mensuales de tensión del año 2023 .....	49
Tabla 18. Valor máximo, mínimo y promedio del factor de potencia por fase. ....	51
Tabla 19. Valor máximo, mínimo y promedio de la potencia activa por fase .....	52
Tabla 20. Incremento de la potencia activa en tramos con alta demanda energética. ....	57
Tabla 21. Incremento de la potencia activa en tramos con demanda energética media-alta. .....	58
Tabla 22. Incremento de la potencia activa en tramos con demanda energética media. ....	59
Tabla 23. Incremento de la potencia activa en tramos con demanda energética baja .....	60
Tabla 24. Distorsión de armónicos por fase con 3 electrolineras .....	66
Tabla 25. Estado actual del alimentador con electrolineras. ....	67
Tabla 26. Demanda energética anual del alimentador. ....	69
Tabla 27. Análisis del crecimiento de carga del alimentador con electrolineras .....	69
Tabla 28. Costos generales de componentes de una electrolinera .....	71
Tabla 29. Costos detallados de equipos eléctricos. ....	72
Tabla 30. Costos detallados de obra civil .....	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Conector SAE J1772 .....	15
Figura 2. Conector Mennekes.....	15
Figura 3. Conector CCS. ....	16
Figura 4. Conector CHAdeMO .....	17
Figura 5. Conector Tesla Supercharge .....	17
Figura 6. Puntos de carga disponibles en el Ecuador .....	22
Figura 7. Ubicación de la Subestación Quevedo Sur .....	26
Figura 8. Alimentador San José Sur .....	27
Figura 9. Curva de cargabilidad de transformadores entre el 65% al 100% .....	36
Figura 10. Curva de cargabilidad de transformadores entre el 45% al 65% .....	37
Figura 11. Curva de cargabilidad de transformadores entre el 30% al 45% .....	38
Figura 12. Curva de cargabilidad de transformadores entre el 20% al 30% .....	39
Figura 13. Curva de cargabilidad de los conductores entre el 65% al 100% .....	42
Figura 14. Curva de cargabilidad de los conductores entre el 45% al 65% .....	44
Figura 15. Curva de cargabilidad de los conductores entre el 30% al 45% .....	45
Figura 16. Curva de cargabilidad de los conductores entre el 15% al 30% .....	47
Figura 17. Distorsión de armónicos de la fase A.....	50
Figura 18. Distorsión de armónicos de la fase B.....	50
Figura 19. Distorsión de armónicos de la fase C .....	51
Figura 19. Curva de la potencia evaluada en un periodo de 7 días .....	53
Figura 21. Ubicación de la estación SERVICENTRO QUEVEDO .....	54
Figura 22. Ubicación de la estación PETROLRIOS "Miguel Ángel 2" .....	54
Figura 23. Ubicación de la estación PETROLRIOS .....	55
Figura 24. Pérdidas de potencia con la inclusión de 3 electrolineras en tramos con alta demanda energética .....	61
Figura 25. Pérdidas de potencia con la inclusión de 3 electrolineras en tramos con demanda energética media-alta .....	61
Figura 26. Pérdidas de potencia con la inclusión de 3 electrolineras en tramos con demanda energética media .....	62
Figura 27. Pérdidas de potencia con la inclusión de 3 electrolineras en tramos con demanda energética baja .....	62

Figura 28. Curva de cargabilidad de los conductores entre el 65% al 100% con 3 electrolineras.....	63
Figura 29. Curva de cargabilidad de los conductores entre el 45% al 65% con 3 electrolineras .....	64
Figura 30. Curva de cargabilidad de los conductores entre el 30% al 45% con 3 electrolineras .....	64
Figura 31. Cargabilidad de los conductores entre el 15% al 30% con 3 electrolineras.....	65

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Cálculo de la potencia reactiva de las pérdidas .....	33
Ecuación 2. Cálculo porcentual de las pérdidas en relación con la carga total .....	34
Ecuación 3. Cálculo de la eficiencia del sistema.....	34
Ecuación 4. Cálculo de la potencia activa total del transformador .....	55
Ecuación 5. Cálculo de la potencia aparente del transformador.....	55
Ecuación 6. Pérdidas por efecto Joule .....	63
Ecuación 7. Tasa de crecimiento anual compuesto .....	68
Ecuación 8. Crecimiento de carga .....	68

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Comparación entre valores medidos y los límites establecidos por la regulación .....	91
Anexo 2. Estado actual de los transformadores con cargabilidad entre el 45% al 65%.....	91
Anexo 3. Estado actual de los transformadores con cargabilidad entre el 30% al 45%.....	92
Anexo 4. Estado actual de los transformadores con cargabilidad entre el 20% al 30%.....	93
Anexo 5. Pérdidas de potencia con la inclusión de 3 electrolineras en tramos con alta demanda energética .....	94
Anexo 6. Pérdidas de potencia con la inclusión de 3 electrolineras en tramos con demanda energética media-alta .....	94
Anexo 7. Pérdidas de potencia con la inclusión de 3 electrolineras en tramos con demanda energética media .....	95
Anexo 8. Pérdidas de potencia con la inclusión de 3 electrolineras en tramos con demanda energética baja .....	96
Anexo 9. Información adicional sobre los conductores del alimentador San José Sur .....	96
Anexo 10. Información de las cargas concentradas del alimentador San José Sur .....	98

## CÓDIGO DUBLIN

<b>Título:</b>	Estudio de la integración de estaciones de carga para vehículos eléctricos y su influencia en las redes de distribución de la subestación Quevedo Sur – San José Sur				
<b>Autor:</b>	Byron Santiago Rendón Espinoza				
<b>Palabras claves:</b>	Vehículos eléctricos	Carga rápida	Electrolinera	Cargabilidad	Alimentador
<b>Fecha de publicación:</b>	Junio - 2025				
<b>Editorial:</b>	Quevedo- UTEQ “La María”, 2025				
<b>Resumen:</b> (hasta 300 palabras)	<p>Resumen. - La presente investigación analiza el impacto de la integración de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en el alimentador San José Sur, analizando su efecto en la demanda energética, la estabilidad del sistema y la calidad del servicio eléctrico. Se realizó un análisis comparativo del comportamiento del alimentador en distintos escenarios: sin estaciones de carga, con una, dos y tres estaciones de carga rápida. A partir de los datos obtenidos mediante el software CYMDIST y CNEL EP, se evaluaron parámetros clave como la cargabilidad de los tramos, el factor de potencia, las pérdidas eléctricas y los niveles de distorsión armónica (THD). Los resultados muestran que la integración de estaciones de carga incrementa significativamente la carga total del alimentador y las pérdidas de potencia, lo que podría generar sobrecargas en ciertos tramos si no se implementan medidas correctivas. Sin embargo, se determinó que el sistema aún cumple con los límites normativos establecidos por la ARCERNNR 002/20, garantizando una operación estable en las condiciones actuales. El estudio también destaca beneficios de la integración de electrolineras como mejor gestión de la demanda, la optimización del factor de potencia y la modernización de la infraestructura como estrategias clave para mitigar el impacto de la carga rápida en la red. Asimismo, se mencionan casos de estudio que muestran la viabilidad de integrar energías renovables en el sistema de carga para reducir la dependencia de la red eléctrica convencional y mejorar la sostenibilidad del sistema.</p>				
<b>Abstract:</b> (hasta 300 palabras)	<p>Abstract. - This research analyses the impact of integrating fast charging stations for electric vehicles in the San José Sur feeder, analyzing its effect on energy demand, system stability and quality of electric service. A comparative analysis of the feeder's behavior was carried out in different scenarios: without charging stations, with one, two and three fast charging stations. From the data obtained using the CYMDIST and CNEL EP software, key parameters such as the load ability of the sections, the power factor, electrical losses and harmonic distortion levels (THD) were evaluated. The results show that the integration of charging stations significantly increases the total load of the feeder and power losses, which could generate overloads in certain sections if corrective measures are not implemented. However, it was determined that the system still complies with the regulatory limits established by ARCERNNR 002/20, guaranteeing stable operation under current conditions. The study also highlights benefits of integrating electric charging stations such as better demand management, power factor optimization and infrastructure modernization as key strategies to mitigate the impact of fast charging on the grid. It also mentions case studies that show the feasibility of integrating renewable energy into the charging system to reduce dependence on the conventional electricity grid and improve the sustainability of the system.</p>				
<b>Descripción:</b>	123 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162				
<b>URI:</b>					

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la movilidad eléctrica a nivel mundial ha generado la necesidad de desarrollar infraestructura adecuada para el abastecimiento de energía a los vehículos eléctricos, las estaciones de carga rápida juegan un papel clave al permitir la recarga en tiempos reducidos, facilitando la transición hacia un transporte más sostenible [1]. La incorporación de estas estaciones a las redes de distribución eléctrica implica un aumento significativo en la demanda energética, lo que puede afectar la estabilidad del sistema, la calidad del suministro y la eficiencia de la red [2].

Estas estaciones de carga rápida permiten recargar las baterías de los vehículos eléctricos en tiempos significativamente menores en comparación con las opciones de carga convencionales, lo que las convierte en un elemento clave para superar las barreras de la autonomía y la conveniencia, dos factores cruciales su aceptación masiva [3]. La proliferación de estaciones de carga rápida no está exenta de desafíos su conexión a las redes eléctricas plantea interrogantes importantes sobre la capacidad de estas redes para soportar la demanda adicional de energía, así como sobre la estabilidad y la calidad del suministro eléctrico. La integración exitosa de estas estaciones requiere una planificación cuidadosa, análisis exhaustivos y la implementación de tecnologías innovadoras para mitigar posibles impactos negativos [4].

Este análisis contribuye a la planificación futura de la red de distribución y a la adopción de tecnologías que permitan una transición sostenible hacia el transporte eléctrico, los resultados obtenidos permiten determinar la capacidad del alimentador para soportar la carga adicional sin comprometer los límites normativos establecidos en la ARCERNNR 002/20, mediante este estudio se analiza el comportamiento del alimentador San José Sur ante la integración de estaciones de carga rápida, evaluando parámetros eléctricos clave como la cargabilidad de los tramos, las pérdidas de potencia, el factor de potencia y la distorsión armónica (THD). Mediante simulaciones y análisis de datos operativos, se comparan escenarios sin estaciones de carga y con la instalación progresiva de una, dos y tres electrolineras, identificando los posibles desafíos técnicos y su impacto en la calidad del suministro.

**CAPÍTULO I**  
**CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Problema de investigación**

### ***1.1.1. Planteamiento del problema***

La transición hacia un futuro más sostenible y respetuoso con el medio ambiente ha llevado a un aumento significativo en la adopción de vehículos eléctricos como alternativa a los tradicionales vehículos con motor de combustión interna. Sin embargo, la integración de estas estaciones de carga a las redes de distribución eléctrica puede tener un impacto significativo en la estabilidad y calidad del suministro de energía [5].

Esta demanda creciente plantea desafíos operativos y técnicos para el sistema de distribución de energía eléctrica existente, además la infraestructura eléctrica no se encuentra preparada para soportar la carga adicional generada por estos vehículos estas limitaciones afectan directamente la calidad del servicio eléctrico, lo que se podría traducir en interrupciones frecuentes, fluctuaciones de voltaje, tiempos de respuesta prolongados ante fallas y baja capacidad para soportar la carga adicional de los vehículos eléctricos [6].

Uno de los principales problemas es la carga simultánea o concentrada de múltiples vehículos en determinados momentos y lugares, el problema radica en los parámetros de calidad que se ven afectados por la inclusión de las estaciones de carga a lo largo de una red de distribución. El alimentador Quevedo Sur – San José Sur, que abastece a una parte importante de la ciudad de Quevedo y sus alrededores, es un caso de estudio relevante para analizar este fenómeno. La incorporación de estaciones de carga rápida en este alimentador podría generar picos de demanda, desequilibrios de carga, caídas de tensión y otros problemas técnicos que afecten la red de distribución.

La demanda de energía eléctrica para la carga de vehículos eléctricos en el alimentador Quevedo Sur – San José Sur seguirá aumentando en los próximos años, la sobrecarga en la red eléctrica puede generar consecuencias significativas, como daños a los dispositivos electrónicos, pérdida de datos, costosas reparaciones o reemplazos, y riesgos para la seguridad personal, incluyendo descargas eléctricas.

### **1.1.2. Formulación del problema**

¿Cómo influyen las estaciones de carga rápida de vehículos eléctricos en las redes de distribución del alimentador Quevedo Sur – San José Sur?

### **1.1.3. Sistematización del problema**

¿Se cumplen los parámetros de calidad del servicio eléctrico de las redes de distribución del alimentador Quevedo Sur – San José Sur según la regulación ARCERNNR 002/20?

¿Cuáles son los estándares de calidad de las redes de distribución afectadas por la inclusión de puntos de carga para vehículos eléctricos?

¿Qué beneficios ofrece la integración de estaciones de carga en cuanto a la demanda de energía?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivos generales**

Evaluar la integración de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos y su influencia en las redes de distribución del alimentador Quevedo Sur – San José Sur.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Analizar los parámetros de calidad del servicio eléctrico de las redes de distribución del alimentador Quevedo Sur – San José Sur según la regulación del ARCERNNR 002/20.
- Identificar los estándares de calidad de las redes de distribución afectadas por la inclusión de puntos de carga para vehículos eléctricos.
- Evaluar los beneficios que ofrece la integración de las estaciones de carga en cuanto a la demanda de energía.

## **1.3. Justificación**

El aumento de la popularidad de los vehículos eléctricos está teniendo un impacto significativo en el sistema de distribución de energía eléctrica, la presente investigación tiene como objetivo analizar cómo influyen los puntos de carga de los vehículos eléctricos en las redes de distribución de la subestación Quevedo Sur – San José Sur para que un futuro esto sea implementado por lo tanto es importante indagar cuales son los efectos negativos que se producen y aprovechar las oportunidades positivas que ofrecen los vehículos eléctricos. El tema plantea desafíos técnicos y operativos debido a la transición que esto conlleva, con el

cambio de matriz energética también nos trae el desafío de dar un uso eficiente a esta energía, puesto que de nada nos sirve tener fuentes de energía más limpias si continuamos con el uso de los derivados de petróleo para el desarrollo de las distintas actividades [7]. Este trabajo pretende realizar estudios relacionados con el impacto de la inserción de estaciones de carga en el sistema de distribución de energía eléctrica de la subestación Quevedo Sur – San José Sur, con el fin de analizar qué problemas con lleva este tipo de cargas, y poder dar pautas para una utilización amigable con el sistema de distribución de energía eléctrica.

Este estudio se lleva a cabo con el propósito de proyectar el impacto a futuro de la adopción masiva de la tecnología de carga rápida para vehículos eléctricos en la ciudad de Quevedo, considerando que actualmente no se dispone de una flota significativa de este tipo de automóviles. Aunque la transición hacia la electromovilidad podría parecer un escenario a mediano o largo plazo, es una evolución inevitable en el sector del transporte, impulsada por el avance tecnológico y las políticas de sostenibilidad energética.

**CAPÍTULO II**  
**FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

## **2.1. Marco teórico**

### **2.1.1. Vehículos eléctricos**

Los vehículos eléctricos utilizan un motor alimentado por energía eléctrica, que se convierte en energía cinética. En la actualidad, la tecnología más comúnmente utilizada para esto son las baterías de iones de litio, aunque hay otros tipos disponibles [8].

El aumento en la popularidad de los vehículos eléctricos se debe a su menor impacto ambiental en comparación con los vehículos de combustión interna convencionales. Esto se debe a que durante su funcionamiento no emiten gases de escape y pueden ser alimentados por fuentes de energía más limpias, como la electricidad renovable. Además de ser más eficientes en términos energéticos y tener costos operativos más bajos, aún enfrentan desafíos en términos de infraestructura de carga, autonomía de la batería y costos iniciales para su adopción a gran escala [6], [8].

### **2.1.2. Tipos de vehículos eléctricos**

#### **2.1.2.1 Vehículos Eléctricos de Batería (BEV).**

Estos vehículos utilizan motores eléctricos para la propulsión, los cuales se alimentan de la energía almacenada en su sistema de baterías internas, comúnmente utilizando tecnología de iones de litio. Este sistema eléctrico es lo que podría definirse como un vehículo puramente eléctrico, pero su característica principal radica en la necesidad de conexión a la red eléctrica para recargar sus baterías y así garantizar una autonomía adecuada [8].

#### **2.1.2.2 Vehículos Híbridos Eléctricos (HEV).**

Este tipo de vehículo podría describirse como una combinación entre un automóvil eléctrico y uno convencional, ya que incorpora tanto un motor de combustión interna que utiliza gasolina o diésel como un sistema de motor eléctrico [8]. Las baterías se recargan utilizando la energía generada por el motor de combustión y aprovechando la energía recuperada durante el frenado del vehículo. El funcionamiento es híbrido, con períodos en los que se utiliza la energía eléctrica si hay suficiente almacenada en las baterías, y en otros momentos se recurre al motor de combustión [9].

#### **2.1.2.3 Vehículos eléctricos híbridos enchufables (PHEV).**

Se trata de una versión avanzada de los vehículos híbridos convencionales, que incluyen baterías de almacenamiento de energía que pueden ser recargadas utilizando electricidad de la red. Gracias a la capacidad de utilizar la energía almacenada en las baterías, estos

vehículos ofrecen una alta autonomía en modo completamente eléctrico y también pueden operar de manera híbrida, de manera similar a los vehículos híbridos no enchufables [8], [9].

#### ***2.1.2.4 Vehículos eléctricos de celda de combustible (FCEV).***

A diferencia del resto de vehículos, utilizan hidrógeno como fuente de energía, y permitiría integrar esta fuente de energía en el transporte.

Estos vehículos eléctricos emplean una pila de combustible que se alimenta con hidrógeno para producir energía eléctrica, la cual se utiliza para alimentar el motor eléctrico que impulsa el vehículo. En este proceso, el hidrógeno no produce emisiones contaminantes, lo que lo convierte en una opción respetuosa con el medio ambiente, siempre y cuando el hidrógeno se haya obtenido de manera sostenible [9].

#### ***2.1.2.5 Vehículos eléctricos de mayor frecuencia en el mercado.***

El mercado global de vehículos eléctricos (VE) ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años, impulsado por la necesidad de soluciones sostenibles para la movilidad y la reducción de emisiones contaminantes. Algunos ejemplos:

##### ***2.1.3. Tesla Model 3***

Descripción: Este sedán eléctrico ha sido uno de los más vendidos a nivel mundial, conocido por su rendimiento, autonomía y tecnología avanzada.

Características destacadas: Autonomía de hasta 568 km, aceleración de 0 a 100 km/h en 3.3 segundos [10].

##### ***2.1.4. Nissan Leaf***

Descripción: Uno de los primeros vehículos eléctricos masivos, el Leaf sigue siendo popular por su accesibilidad y eficiencia.

Características destacadas: Autonomía de aproximadamente 240 km, espacio interior amplio y tecnología de asistencia al conductor [10].

##### ***2.1.5. Volkswagen ID.4***

Descripción: Este SUV eléctrico ha ganado popularidad rápidamente gracias a su diseño atractivo y funcionalidad.

Características destacadas: Autonomía de hasta 520 km, capacidad para cinco pasajeros y un sistema de info-entretenimiento moderno [10].

### 2.1.6. *BYD Han EV*

Descripción: Un sedán eléctrico chino que ha logrado captar la atención en mercados internacionales por su calidad y tecnología.

Características destacadas: Autonomía de alrededor de 605 km, y un interior lujoso con múltiples características tecnológicas [10].

Existe una gran variedad de vehículos eléctricos a nivel global, a continuación, en la siguiente tabla se presentan los más comunes del mercado y que son mayoritariamente comercializados:

**Tabla 1**

*Características de los vehículos eléctricos más comercializados.*

<b>Modelo</b>	<b>Características</b>	<b>Dato</b>
<b>Kia Soul</b>	Motor	Síncrono de imán permanente
	Potencia	109 CV
	Potencia rpm	81.4 KW/rpm
	Par	285 Nm/rpm
<b>Nissan Leaf</b>	Motor	Síncrono
	Potencia	109 CV
	Consumo	173 Wh/km
	Potencia rpm	80 KW/rpm
	Par	280 Nm/rpm
<b>Renault Wagon</b>	Motor	Eléctrico
	Potencia	60 CV
	Consumo	155 Wh/Km
	Potencia rpm	44 KW/rpm
	Par	226 Nm/rpm
<b>Audi E-Tron</b>	Motor	Eléctrico
	Potencia	313 CV
	Consumo	220-250 Wh/km
	Potencia rpm	300 KW/rpm
	Par	664 Nm/rpm

**FUENTE:** CÓRDOVA, A; FACTIBILIDAD PARA LA INTEGRACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS AL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICO, 2015

**ELABORADO POR:** BYRON RENDÓN.

## **2.1.7. Características de los vehículos eléctricos**

### **2.1.7.1 Motor y Propulsión.**

Estos vehículos están equipados con un motor eléctrico que se alimenta mediante una batería eléctrica. Este motor es más eficiente y produce menos ruido que los motores de combustión interna. Estos motores eléctricos pueden ser alimentados por baterías, celdas de combustible de hidrógeno u otras fuentes de electricidad [11].

### **2.1.7.2 Baterías recargables.**

Las baterías de los vehículos eléctricos están diseñadas para almacenar energía eléctrica y proporcionarla al motor eléctrico. Las baterías de litio-ion son las más comunes y ofrecen una mayor capacidad de almacenamiento y eficiencia energética. La capacidad de la batería y su tecnología determinan la autonomía del vehículo eléctrico [11], [12].

### **2.1.7.3 Capacidad de carga.**

Las baterías se cargan utilizando fuentes de alimentación de corriente continua, las cuales permiten el flujo de corriente eléctrica a través de la batería, ya sea durante un proceso de carga rápida o lenta [13]. La capacidad depende de la relación entre la corriente y el tiempo, es decir, es el resultado del producto máximo de la corriente de salida durante un tiempo específico. Esto se conoce como regulación de corriente, la cual está influenciada por la tecnología, la construcción y los componentes empleados. Además, la medición de la capacidad de carga varía según el tipo de batería y los procesos químicos involucrados [13].

**Tabla 2**

*Comparación entre la carga lenta y rápida para vehículos eléctricos.*

<b>Características</b>	<b>Carga lenta</b>	<b>Carga rápida</b>
Alimentación monofásica AC	230[V], 16[A], 3.7[KW]	-
Alimentación trifásica AC	400[V], 16[A], 11[KW]	500[V], 250[A], 220[KW]
Alimentación continua DC		600[V], 400[A], 240[KW]
Tiempo estimado de carga	5.5 [h] - AC monofásico 2 [h] - AC trifásico	5 - 8 min
Localización	Viviendas, estacionamientos, terminales y aeropuertos.	Electrolineras

**FUENTE:** CAÑAR, F; ANÁLISIS PARA LA ADECUADA UBICACIÓN DE ELECTROLINERAS DE CARGA RÁPIDA EN LA CIUDAD DE CUENCA, 2022

**ELABORADO POR:** BYRON RENDÓN.

Los vehículos eléctricos pueden ser recargados en estaciones de carga específicas, tanto públicas como privadas. La recarga puede ser rápida o lenta, dependiendo del tipo de batería y la capacidad de carga de la estación [14].

### 2.1.8. Tipos de baterías

Las baterías utilizadas en vehículos eléctricos (VE) se clasifican principalmente por la tecnología y los materiales que emplean. Cada tipo tiene características específicas.

**Tabla 3**  
Características técnicas de los tipos de baterías.

Baterías	Energía		Potencia		Rendimiento	Ciclo de vida	
	[Wh-kg]		[W-kg]		%		
	Min	Max	Min	Max		Min	Max
Plomo acido	35	50	150	400	80	300	500
Níquel cadmio	30	50	100	150	75	1000	2000
Níquel hidruro	60	80	200	300	70	1000	2000
Aluminio aire	200	300	100	100	<50	-	-
Zinc aire	100	220	30	80	60	-	-
Níquel cloruro de sodio	150	240		230	85		1000
Polímero de litio	150	200		350	-		500
Ion de litio	80	130	200	300	>95		1000

FUENTE: CAÑAR, F; ANÁLISIS PARA LA ADECUADA UBICACIÓN DE ELECTROLINERAS DE CARGA RÁPIDA EN LA CIUDAD DE CUENCA, 2022.

ELABORADO POR: BYRON RENDÓN.

### 2.1.9. Eficiencia y Rendimiento

Ofrecen una mayor eficiencia energética que los vehículos de combustión interna, ya que no pierden energía en la conversión de combustible en energía mecánica. También tienen un rendimiento más constante y no experimentan fluctuaciones en el rendimiento como los vehículos de combustión interna, lo que los hace más fiables y seguros [12].

### 2.1.10. Impacto Ambiental

Comparados con los vehículos de combustión interna, los vehículos eléctricos tienden a producir menos emisiones contaminantes durante su funcionamiento. Su impacto ambiental

depende de la fuente de electricidad utilizada para cargarlos, no emiten gases de efecto invernadero ni contaminantes, lo que los hace una opción más sostenible y ecológica [15].

#### ***2.1.11. Costos y Finanzas***

Los vehículos eléctricos pueden ser más costosos que los vehículos de combustión interna, pero ofrecen ahorros en combustible y mantenimiento a largo plazo. Tienden a tener menos componentes móviles y menos partes sujetas a desgaste en comparación con los vehículos de combustión interna, lo que puede reducir los costos y la necesidad de mantenimiento [16].

#### ***2.1.12. Tecnología avanzada***

Suelen integrar tecnologías innovadoras, como sistemas de recuperación de energía en frenado regenerativo, sistemas de gestión inteligente de la energía y conectividad avanzada para monitorear y controlar el vehículo de manera remota [15], [17].

#### ***2.1.13. Tipos de estaciones de carga***

Las estaciones de carga para vehículos eléctricos son infraestructuras diseñadas para suministrar electricidad a los vehículos eléctricos y cargar sus baterías. Estas estaciones vienen en varias formas y tamaños, ofreciendo diferentes niveles de potencia y tiempos de carga [18].

##### ***2.1.13.1 Carga lenta.***

La carga lenta, también llamada carga normal o convencional, requiere una potencia de carga de 3,6 kilovatios (kW) y permite la recarga completa de baterías con una capacidad de 22 a 24 kilovatios-hora (kWh) [19]. La carga lenta es adecuada para la mayoría de los vehículos eléctricos, ya que no requiere un equipo de control especial y no genera un impacto significativo en la red eléctrica. Sin embargo, para vehículos eléctricos con baterías más grandes o que requieren una carga más rápida, se necesitan estaciones de carga más avanzadas como la carga semi-rápida o rápida [19], [20].

##### ***2.1.13.2 Carga semi-rápida.***

La carga semirrápida, capaz de soportar una potencia de carga de hasta 22 kilovatios (kW) y 50 kW [19]. Esta velocidad de carga es adecuada para vehículos eléctricos que requieren una carga más rápida que la carga lenta, pero no necesitan la velocidad de carga rápida. Estas estaciones de carga semi-rápida pueden ser utilizadas en lugares estratégicos, como autopistas o centros comerciales, para facilitar la recarga durante viajes más largos [21].

### 2.1.13.3 Carga rápida.

La carga rápida se refiere a la capacidad de carga de un vehículo eléctrico a una velocidad más rápida, generalmente entre 50 kW y 350 kW. Esta velocidad de carga es adecuada para vehículos eléctricos que requieren una carga rápida para recargar sus baterías en un corto período de tiempo, puede proporcionar una autonomía de 350 kilómetros en media hora de carga. En este nivel, el cargador debe ser externo ya que la potencia supera los 100 kW, lo cual es considerablemente mayor que otros niveles de carga [22].

**Tabla 4**  
*Posibles lugares de recarga y sus características.*

Establecimientos	Modo de recarga	Horario de recarga	Tiempo de permanencia	Propiedad de conexión
Centro comercial	C. Rápida/C. Lenta	10-12h	1 -2h	Publico
Parqueaderos de trabajo	C. Lenta	8-10h	5 - 9h	Publico/Privado
Hogares	C. Lenta	24h	12h	Privado
parqueaderos públicos	C. lenta	24h	2 -4h	Publico
Electrolineras	C. Rápida	24h	15 - 45 min	Publico
Cooperativas de vehículos	C. Rápida/ C. Lenta	24h	15min - 12h	Privado

**FUENTE:** CÓRDOVA, A; FACTIBILIDAD PARA LA INTEGRACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS AL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICO, 2015.

**ELABORADO POR:** BYRON RENDÓN.

### 2.1.14. Modelos de carga

#### 2.1.14.1 Modo 1.

La recarga se lleva a cabo en los hogares de los usuarios a través de la red eléctrica residencial, ya que utiliza una sola fase, lo que lo hace compatible con el enchufe estándar. La corriente máxima de funcionamiento es de 16 amperios, con un voltaje de 250 voltios y una potencia máxima de 3.7 kilovatios. Debido a estas características, se clasifica como un tipo de carga lenta [23].

#### **2.1.14.2      *Modo 2.***

El Modo 2 se distingue por su sistema de protección integrado, que incluye un control entre el vehículo y la conexión, así como un sistema de protección diferencial. Proporciona una potencia de carga de hasta 22 kW. Además, posee una toma específica para la comunicación entre el vehículo eléctrico y la red, utilizada para el control del sistema, indicando la correcta conexión del conector [21], [22].

#### **2.1.14.3      *Modo 3.***

En este modo se emplea un terminal de recarga, el cual dispone de un sistema de alimentación específico con funciones de control y protección del lado de la instalación fija. Utiliza un tipo de carga semi-rápida utilizando un equipo de control específico. Proporciona una potencia de carga de 22 kW a 50 kW [24].

#### **2.1.14.4      *Modo 4.***

Es adecuada para vehículos eléctricos que requieren recargar sus baterías en un corto período de tiempo. Usa un cargador externo que posibilita una velocidad de carga instantánea. En el punto de carga se usa un convertor de AC/DC, este método se utiliza en las estaciones de carga o denominadas “electrolineras” ya que se maneja potencias de entre 50kW a 350kW [22], [24].

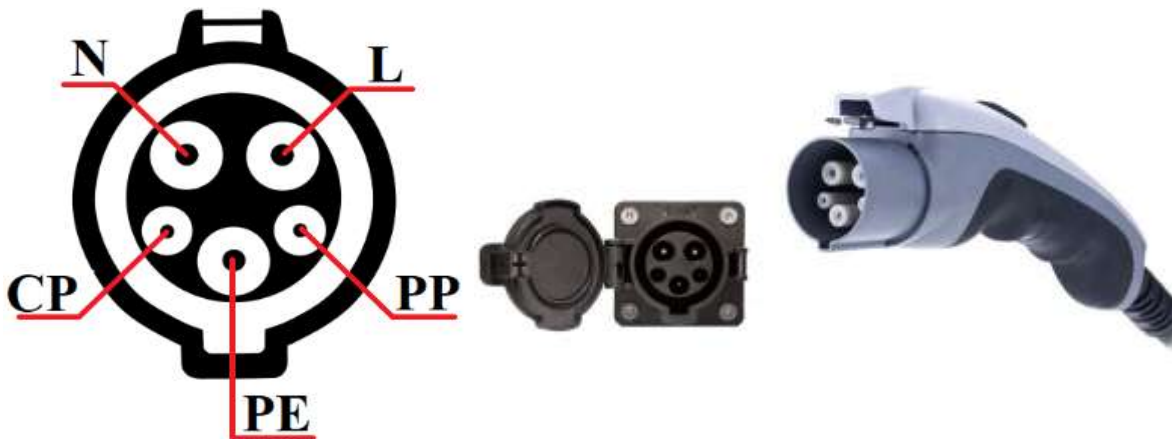
### **2.1.15. *Estándares de carga***

Los estándares de carga o tipos de conectores para vehículos eléctricos son fundamentales para garantizar la interoperabilidad y la seguridad en la recarga de estos vehículos.

#### **2.1.15.1      *SAE J1772.***

Es el estándar de carga más común en los Estados Unidos, Canadá y Japón soporta una corriente máxima de 16 A para carga lenta con una potencia de 1.92 kW y 80 A para carga rápida con potencia de 19.2 kW. El estándar SAE J1772 se enfoca en la carga de VE en una dirección, es decir, desde la red eléctrica hasta el vehículo [25]. Sin embargo, con el desarrollo de la infraestructura de carga inteligente y la integración de vehículos eléctricos en la red eléctrica, se han propuesto nuevos estándares y conectores que permiten la carga bidireccional [26].

**Figura 1**  
*Conector SAE J1772*



*Nota.* SAE J1772 es un estándar desarrollado por la Society of Automotive Engineers (SAE). Tomado de Control de frecuencia mediante gestión de demanda durante el proceso de carga lenta en vehículos eléctricos, 2020, por Pineda M.

#### **2.1.15.2** *Mennekes.*

Se trata de una alternativa sugerida por los fabricantes alemanes y adoptada como estándar en toda Europa, que también ha sido elegida por los fabricantes estadounidenses. Este conector permite tanto la carga lenta en monofásico como en trifásico, con potencias que van desde 3.7 kW hasta 44 kW. Es diseñado para ser seguro y fácil de usar, y se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones, desde la carga rápida en autopistas hasta la carga semi-rápida en centros comerciales [23], [26].

**Figura 2**  
*Conector Mennekes*

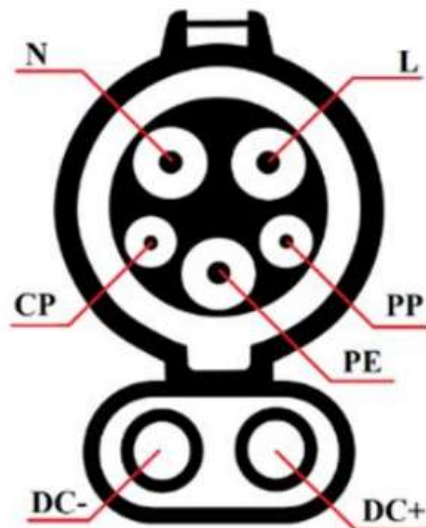


*Nota.* Los conectores tipo Menenkes son muy variados dependiendo del tipo de carga, además sus aplicaciones en las industrias son variadas. Tomado de Análisis técnico para la implementación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en la provincia de Galápagos, 2020, por Maldonado M.

### **2.1.15.3 CCS (Combined Charging System).**

Es un estándar para la carga de vehículos eléctricos que combina diferentes métodos de carga en una única interfaz, combina un conector de AC Tipo 1 o Tipo 2 con dos pines adicionales para carga rápida en DC. Es un estándar de carga más rápido que utiliza un conector de dos pines y puede proporcionar una potencia de carga de hasta 350 kW [27].

**Figura 3**  
*Conector CCS.*

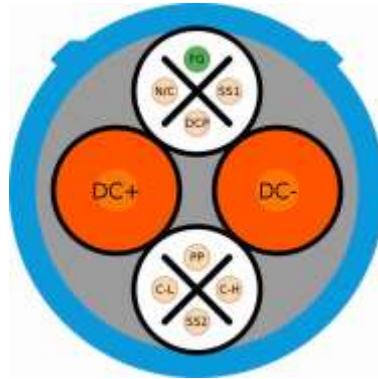


*Nota.* Este tipo de conector es muy similar al conector J1772 con la diferencia que cuenta con pines DC + y DC- indican puertos específicos para control y conexiones. Tomado de Brokenwire: Wireless Disruption of CCS Electric Vehicle Charging, 2023, por Köhler S.

### **2.1.15.4 CHAdeMO.**

CHAdeMO es un estándar de carga para vehículos eléctricos (EV) que permite una carga rápida [28]. Es un estándar japonés que fue desarrollado por la Asociación Japonesa de Vehículos Eléctricos (JEVA) y es ampliamente utilizado en Japón y otros países. Utiliza un conector que puede entregar hasta 62,5 kW de potencia, también es conocido por sus capacidades de carga de alta potencia, que pueden cargar un vehículo eléctrico al 80 % en aproximadamente 30 minutos. Esto lo convierte en una opción atractiva para los propietarios de vehículos eléctricos que necesitan cargar sus vehículos rápidamente [29], [30].

**Figura 4**  
*Conector CHAdeMO*



*Nota.* La distribución de los pines es de la siguiente manera donde el pin FG es la referencia de tierra para el aislamiento del monitor; el pin SS1 y el pin SS2 son para relés de control; el pin N/C no tiene asignación; el pin DCP es la señal de carga; el pin PP es para la detección de proximidad; y los pines C-H y C-L son para comunicaciones.

#### **2.1.15.5 Tesla Supercharger.**

Diseñada por Tesla, Inc. para sus vehículos eléctricos. Es un componente clave de la red de carga de Tesla, que permite a los propietarios de Tesla cargar sus vehículos de forma rápida y cómoda. Puede entregar hasta 250 kW de potencia permitiendo agregar aproximadamente 120 km (75 millas) de autonomía en unos 5 minutos y 320 km (200 millas) en unos 15 minutos [27], [31].

**Figura 5**  
*Conector Tesla Supercharge*



*Nota.* Tomado de The Application of Digital Technology in Tesla Automobile Industry: Key Factors and Global Market Expansion, 2023, por Zhang H.

### **2.1.16. Calidad de energía**

La Regulación Nro. ARCERNNR 002/20 establece los parámetros para la calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica en Ecuador. Esta regulación tiene como objetivo definir los indicadores, índices y límites que deben cumplir las empresas distribuidoras para asegurar un servicio adecuado a los consumidores.

La calidad de la energía en un sistema eléctrico se define por la ausencia de perturbaciones en la tensión y la corriente, las cuales suelen manifestarse como caídas de voltaje, fluctuaciones, desequilibrios y distorsiones en ambos parámetros [32], [33]. Un sistema eléctrico debe garantizar ciertos estándares de calidad que contribuyan a mejorar la disponibilidad del servicio eléctrico y optimicen su rendimiento. La evaluación del desempeño de las empresas eléctricas debe basarse en los criterios de calidad establecidos por las entidades reguladoras [34], [35].

#### **Tabla 5**

*Nivel de voltaje por grupos.*

<b>Niveles de voltaje</b>	
Bajo voltaje	$\leq 0,6$ kv
Medio voltaje	$> 0,6$ kv; $\leq 40$ kv
Alto voltaje Grupo 1	$> 40$ kv; $\leq 138$ kv
Alto voltaje Grupo 2	$> 138$ kv

**FUENTE:** ARCERNNR 002/20

**ELABORADO POR:** BYRON RENDÓN.

### **2.1.17. Perturbaciones rápidas de voltaje (flicker).**

Las perturbaciones rápidas de voltaje, comúnmente conocidas como flicker, son variaciones rápidas y repetitivas en la tensión eléctrica que pueden causar un parpadeo visible en las lámparas y afectar la calidad del suministro eléctrico. Estas perturbaciones son generalmente el resultado de cambios bruscos en la demanda de potencia, provocados por el funcionamiento de equipos eléctricos como hornos de arco, soldadoras y motores eléctricos durante su arranque o desconexión [36].

### **2.1.18. Distorsión armónica de voltaje**

La distorsión armónica de voltaje se refiere a las alteraciones en la forma de onda del voltaje en un sistema eléctrico, que se desvían de la forma de onda sinusoidal ideal. Esta distorsión

se mide comúnmente a través de la Distorsión Armónica Total (THD), que representa el porcentaje de la energía total que es atribuible a componentes armónicos [37].

### **2.1.19. Desequilibrio de voltaje**

El desequilibrio de voltaje es un fenómeno que ocurre en sistemas eléctricos trifásicos cuando las tensiones en las diferentes fases no son iguales, lo que puede resultar en una serie de problemas operativos y de seguridad. Este desequilibrio se define como la diferencia en el voltaje promedio entre dos o más fases, y puede tener consecuencias significativas en el rendimiento de equipos eléctricos [38].

**Tabla 6**

*Límites para el índice de nivel de voltaje*

<b>Nivel de voltaje</b>	<b>Rango admisible</b>
Alto voltaje (Grupo 1 y Grupo 2)	$\pm 5\%$
Medio voltaje	$\pm 6\%$
Bajo voltaje	$\pm 8\%$

**FUENTE:** ARCERNNR 002/20

**ELABORADO POR:** BYRON RENDÓN.

### **2.1.20. Redes de distribución**

Las redes de distribución eléctrica son sistemas que transportan y distribuyen energía eléctrica desde las subestaciones de transmisión hasta los consumidores finales. Las redes de distribución son responsables de aproximadamente dos tercios de la inversión total en un sistema eléctrico de potencia, lo que implica un trabajo cuidadoso en la planificación, diseño, construcción y operación del sistema de distribución [39].

- **Redes de Distribución de Baja Tensión**

Las redes de distribución de baja tensión (BT) son fundamentales para el suministro de energía eléctrica a los consumidores finales. Estas redes están diseñadas para transportar corriente eléctrica a una tensión de hasta 1 kV y se componen de líneas aéreas y subterráneas [40].

- **Redes de Distribución de Media Tensión**

Estas redes se encargan de distribuir la energía eléctrica desde las subestaciones hasta los consumidores finales, generalmente en una tensión de 12 kV a 35 kV. La optimización de

estas redes implica abordar retos técnicos y logísticos, como la reconfiguración óptima, la relocalización de elementos de protección y maniobra, y la implementación de tecnologías como la corriente continua de media tensión y la estimación de estado dinámico y eficiente [41].

- **Redes de Distribución de Alta Tensión**

Las redes de alta tensión conectan las plantas de producción con las subestaciones de distribución. Se utilizan para transportar corriente eléctrica a una tensión de más de 35 kV dependiendo de los estándares del país, se reduce el voltaje y la electricidad se distribuye hasta los transformadores de menor tamaño situados en diferentes lugares, donde la electricidad adquiere la tensión adecuada para su distribución [42].

#### ***2.1.21. Cargabilidad de un alimentador***

La cargabilidad de un alimentador se refiere a la capacidad máxima de un alimentador eléctrico para transportar corriente y potencia sin exceder sus límites térmicos y eléctricos. Este concepto es crucial en el diseño y operación de sistemas eléctricos, ya que asegura que las infraestructuras eléctricas puedan manejar la demanda de carga sin comprometer la seguridad y la eficiencia del suministro. La capacidad de carga está determinada por múltiples factores, entre ellos el tipo y tamaño del conductor, la temperatura ambiental, la velocidad del viento, la radiación solar y el impacto de la carga sobre el conductor [43], [44].

#### ***2.1.22. Sobrecarga en los transformadores***

Esto puede resultar en una serie de consecuencias negativas, tanto para el transformador como para el sistema eléctrico en general. Es una condición crítica que ocurre cuando un transformador opera por encima de su capacidad nominal, lo que puede resultar en daños severos y fallos en el equipo [45]. Esta situación puede ser causada por diversos factores y tiene consecuencias significativas para la operación del sistema eléctrico. La conexión de múltiples puntos de carga para estos vehículos puede generar presiones adicionales sobre la infraestructura eléctrica existente, lo que puede llevar a problemas operativos significativos [46].

#### ***2.1.23. Parámetros de calidad del servicio eléctrico***

Los parámetros de calidad del servicio eléctrico son medidas que evalúan la calidad del suministro de energía eléctrica proporcionado por una empresa de distribución eléctrica. Estos parámetros son fundamentales para garantizar la seguridad, eficiencia y confiabilidad del suministro eléctrico [47].

**Tabla 7**  
*Calidad del servicio eléctrico*

<b>Parámetros de calidad del servicio eléctrico</b>	
<b>Voltaje</b>	El voltaje debe estar dentro de los límites establecidos por la normativa y debe ser constante y estable. Un voltaje constante y estable es fundamental para garantizar la seguridad y eficiencia de los equipos eléctricos y para evitar daños en los dispositivos electrónicos [48].
<b>Frecuencia</b>	La frecuencia del suministro eléctrico (normalmente 50 Hz o 60 Hz) debe mantenerse constante. Variaciones significativas pueden afectar el funcionamiento de los equipos eléctricos sensibles [49].
<b>Continuidad</b>	La continuidad se mide mediante el tiempo de falla y el tiempo de restablecimiento del suministro eléctrico; como: tiempo de interrupción, frecuencia de interrupción, índices de confiabilidad [50].

**FUENTE:** ARCERNNR 002/20

**ELABORADO POR:** BYRON RENDÓN.

#### **2.1.24. Factor de potencia**

Es una medida que indica la eficiencia con la que se utiliza la energía eléctrica en un sistema. Se define como la relación entre la potencia activa (real) y la potencia aparente en un circuito eléctrico. Un factor de potencia de 1 (o 100%) significa que toda la energía suministrada se está utilizando efectivamente para realizar trabajo útil, mientras que valores inferiores indican que parte de la energía se está desperdiciando, generalmente en forma de potencia reactiva [51], [52].

#### **2.1.25. Ruido y distorsión**

Son fenómenos que pueden afectar significativamente el rendimiento y la calidad del suministro eléctrico. Ambos conceptos están interrelacionados, ya que el ruido puede ser una fuente de distorsión en las señales eléctricas [53].

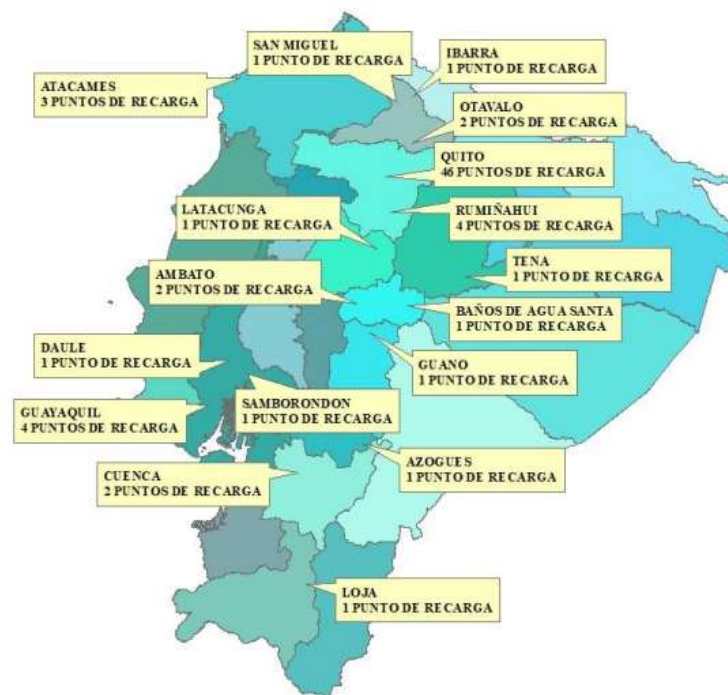
Los transformadores eléctricos son conocidos por generar ruido acústico debido a la vibración de sus componentes internos. Este ruido puede ser influenciado por variables eléctricas como la carga y la frecuencia. La distorsión se refiere a cualquier alteración de la

forma de onda de una señal eléctrica. La distorsión puede ser causada por armónicos o ruido eléctrico [54].

### 2.1.26. Tecnología de puntos de carga actuales en el Ecuador

Los datos registrados más actuales acerca de los puntos de carga en el Ecuador informan que cuenta con alrededor de 82 puntos de carga para vehículos eléctricos. Este número experimentó un incremento del 161% en menos de un año, alcanzando 214 estaciones disponibles en la actualidad [55]. Estas estaciones se encuentran distribuidas en ciudades como Guayaquil, Quito, Ambato, Cuenca, Loja, Azogues, Atacames, Puerto Ayora, Puerto Baquerizo Moreno, Machala, Manta, Portoviejo, Riobamba, Playas Villamil, Otavalo, Baños y Saraguro. Además de estas estaciones públicas, se estima que existen más de dos mil puntos de carga particulares en domicilios, hoteles y aeropuertos en todo el país.

**Figura 6**  
*Puntos de carga disponibles en el Ecuador*



*Nota.* Existen muy pocas estaciones de carga rápida la mayoría son de carga lenta.

### 2.1.27. Normativas a considerar para su implementación

#### 2.1.27.1 Norma IEEE 519.

Es una guía del sistema para establecer límites de distorsión de voltaje y corriente en sistemas eléctricos. La Norma IEEE 519 se enfoca en limitar las distorsiones armónicas en sistemas eléctricos, que pueden causar problemas de calidad de energía, como sobrecalentamiento de equipos, fallas en dispositivos electrónicos y reducción de la eficiencia energética. Es

aplicable en sistemas industriales y comerciales donde las cargas no lineales generan armónicos. Para mitigar estos efectos, se utilizan filtros armónicos y reactores en ubicaciones clave dentro del sistema para mantener la calidad de la energía y evitar daños a los equipos [56], [57].

#### **2.1.27.2 Norma IEC 61851-23.**

Regula los sistemas de carga rápida para vehículos eléctricos (VE), estableciendo especificaciones técnicas como rangos de tensión, corrientes máximas y sistemas de protección para desconexión segura en caso de fallos. Se enfoca en establecer requisitos técnicos específicos para los sistemas de carga rápida de vehículos eléctricos. Estos sistemas deben cumplir con ciertos estándares para garantizar la seguridad, interoperabilidad y eficiencia durante el proceso de carga. Requisitos técnicos como: conectores y modos de carga, seguridad y protección, comunicación y control [58].

#### **2.1.27.3 Requisitos Nacionales.**

En Ecuador, la Agencia de Regulación y Control de Electricidad regula la comercialización de electricidad para estaciones de carga mediante contratos específicos con empresas distribuidoras. Además, establece límites tarifarios y requisitos técnicos para los proveedores del servicio. Los límites máximos del costo del servicio de carga de vehículos eléctricos especificados, habilitadas para proveer este servicio mediante la firma de un contrato de suministro con la empresa eléctrica de distribución. Las características específicas del contrato de suministro para los proveedores del servicio de carga, se encuentran detallados en la Regulación Nro. ARCERNR 003/20 [59].

## **2.2. Marco referencial**

Se presenta un análisis sobre las investigaciones previas relacionadas con el tema de investigación el cual se aborda en este estudio con el propósito de identificar sus principales alcances, resultados y conclusiones, que sirven de guía para la realización de esta investigación.

Los autores de este estudio [60], proporcionan una visión de los impactos que tienen las estaciones de carga, en especial las de carga lenta de vehículos eléctricos que puede tener en las redes de distribución de bajo voltaje. Contribuye al entendimiento de los desafíos y oportunidades que presenta la adopción masiva de vehículos eléctricos, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones y el desarrollo de políticas de integración de

vehículos eléctricos en las redes eléctricas. De esta manera, apoya la transición hacia una movilidad más sostenible y la reducción efectiva de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Otro estudio realizado por [61], considera que para una mayor operación del sistema es muy importante que la demanda se desplace hacia las horas de menor consumo; y es ahí donde la recarga lenta nocturna del vehículo eléctrico puede jugar un papel fundamental en el aplanamiento de la curva de la demanda, y su afectación al usarse la carga rápida.

La tecnología de carga rápida surge debido a la necesidad de los usuarios de los vehículos eléctricos para combatir la autonomía limitada. Esta baja autonomía provoca cierta incertidumbre en los conductores para seguir circulando, aun considerando un tiempo de carga razonable. Desde el punto de vista del usuario de los autos eléctricos, la relación entre la energía necesaria y el tiempo de espera deseado establece la potencia que debe tener el punto de carga.

El siguiente estudio [62], menciona el consumo de energía de vehículos eléctricos es un tema crucial en la evaluación de su eficiencia y sostenibilidad. Los vehículos eléctricos consumen energía eléctrica para moverse, y su consumo depende de varios factores, como la potencia del motor, la eficiencia del sistema de tracción, la masa del vehículo y el estilo de conducción. El consumo de energía en vehículos eléctricos se puede medir en kilowatt-horas (kWh) por kilómetro (km). Los vehículos eléctricos modernos tienen una eficiencia energética promedio de alrededor de 3-4 kWh/100 km, lo que significa que consumen aproximadamente 3-4 kWh de energía eléctrica para recorrer 100 km.

El enfoque de este estudio [63], tiene una perspectiva en base al análisis energético de acorde a la implementación de vehículos eléctricos en el vecino país boliviano, teniendo así un punto de vista o tomando como ejemplo la situación energética de otros países hacia un nuevo cambio debido al avance de la tecnología. Como la eficiencia energética puede verse afectada por el incremento de demanda y puntos de cargas rápidas afectas en redes de distribución.

**CAPÍTULO III**  
**METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### 3.1. Localización

El alimentador San José Sur parte desde la subestación S/E Quevedo Sur que pertenece a la agencia CNELEP. Esta subestación se encuentra ubicada en la ciudad de Quevedo, parroquia el Guayacán, en la provincia de Los Ríos. La Ubicación geográfica de la subestación y sus coordenadas geográficas son:

Latitud:  $-1,0254^{\circ}$  o  $1^{\circ} 2' 36''$  sur

Longitud:  $-79,28418^{\circ}$  o  $79^{\circ} 29' 3''$  oeste

#### **Figura 7**

*Ubicación de la Subestación Quevedo Sur*



*Nota.* Tomado de “Google Maps”, por Byron Rendón.

El alimentador San José Sur se encuentra distribuido dentro de la ciudad de Quevedo, recorriendo desde la parroquia el Guayacán hasta la entrada del puente Velasco Ibarra y en su trayectoria atraviesa el centro de Quevedo y sectores aledaños como La Loreto y parte de la parroquia 7 de octubre. A continuación, se presenta una imagen del recorrido del alimentador San José Sur.

**Figura 8**  
*Alimentador San José Sur*



*Nota.* Tomado de CYME-CYMDIST, por Byron Rendón.

### 3.2. Tipo de Investigación

- ***Investigación aplicada***

Los conocimientos adquiridos durante el desarrollo de la investigación, empleando todos los recursos disponibles, tales como programas de simulación, datos, gestores bibliográficos, conocimientos previos y estudios de otros autores. De esta forma, se busca llevar a cabo un análisis exhaustivo y obtener respuestas de manera eficiente para los objetivos descritos del presente proyecto de investigación.

- ***Investigación descriptiva***

El enfoque descriptivo de esta investigación es proporcionar una comprensión detallada y completa sobre la implementación de estaciones de carga para vehículos eléctricos, es necesario describir los posibles escenarios subyacentes que puedan afectar los parámetros de calidad de energía.

- ***Investigación bibliográfica***

La investigación bibliográfica es una técnica empleada para recopilar información y conceptos con el objetivo de adquirir conocimientos que respalden el desarrollo del presente proyecto de investigación [64]. Se analizó material informativo, como libros, revistas, informes de investigación, sitios web y otras fuentes que proporcionen la información necesaria para el desarrollo del trabajo. La calidad del trabajo está reflejada en la investigación bibliográfica pertinente, proveniente de autores del ámbito académico, lo que nos permitió comprender el estado actual del tema y, por ende, establecer los puntos de partida para abordar las incertidumbres en cada fase del estudio.

### **3.3. Métodos de investigación**

- ***Descriptivo***

En la presente investigación se identificaron cuáles son los parámetros afectados en la calidad de energía que existen en el alimentador con la posible integración de puntos de carga, es decir, se describe el estado actual de la integración de vehículos eléctricos y la infraestructura de carga en la zona de estudio.

- ***Deductivo***

Permite precisar definiciones y desempeñar un papel fundamental en la recopilación de datos, cuyo análisis servirá para respaldar la investigación planteada. Se abordaron aspectos como la gestión y capacidad de carga de los vehículos eléctricos para evitar sobrecargas en las redes, tiene relevancia al proporcionar una explicación más sólida y fundamentada sobre todo lo que implica la implementación de estas estaciones de carga para vehículos eléctricos.

- ***Explicativo***

La información obtenida de diversas fuentes, tales como revistas científicas, documentos y proyectos de investigación, con el propósito de recopilar datos precisos y concisos. Esto permitió adquirir los conocimientos necesarios que sirvieron de apoyo y referencia para comprender el comportamiento de los puntos de carga para vehículos eléctricos facilitando su función y diseño de la integración en el alimentador.

### **3.4. Fuente de recopilación de información**

La fuente de información primaria para el desarrollo del presente trabajo de investigación se obtuvo por parte del centro de control y administración de la CNEL EP GUAYAS - LOS RIOS, que contribuyó con datos y características del alimentador San José Sur. Para así complementar la presente investigación se usaron fuentes secundarias, donde se recopilaron documentos de artículos académicos, libros, revistas científicas, tesis, páginas web y manuales relacionados con el tema para un mejor entendimiento de la problemática.

### **3.5. Diseño de la investigación**

- ***Recolección de datos***

Toda la información necesaria sobre las características del alimentador San José Sur que influyeron al desarrollo de la investigación, tales como: cantidad y capacidad de los transformadores instalados, cargabilidad de los conductores, factor de potencia, desequilibrios de tensión, demanda de voltaje, corriente, potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente; frecuencia, cargas, interrupciones de servicio y otros detalles relevantes asociados al alimentador San José Sur. Todos estos datos permitieron realizar un mejor diseño de simulación en el software CYMDIST.

- ***Análisis de parámetros de calidad***

Se presentó un análisis sobre los estándares de calidad de las redes de distribución del alimentador San José Sur, basándose en poder cumplir con los indicadores de calidad de establecidos por la regulación del ARCERNR 002/2020, para garantizar que el alimentador opere dentro de los límites establecidos por la regulación.

- ***Escenarios de estudio***

Mediante la simulación en el software CYMDIST sobre la implementación de puntos de carga rápida en el alimentador San José Sur con el fin de identificar aquellos parámetros que son afectados en la red eléctrica, la cargabilidad del alimentador, caídas de tensión, distorsión de armónicos por cargas no lineales, entre otros aspectos. Además de realizar una comparativa del sistema actual con una posible integración de estaciones de carga rápida, cabe mencionar que en el análisis realizado se toma en cuenta cuantas posibles electrolineras pueden ser implementadas en el alimentador sin afectar la calidad del servicio y muchos causar sobrecargas al sistema eléctrico.

- ***Evaluación de los posibles beneficios***

Las afectaciones producidas por los puntos de carga que son analizadas en el presente proyecto, buscan apoyar a la transición energética, la instalación de puntos de carga demuestra el compromiso de las empresas con la reducción de emisiones y la sostenibilidad, además tienden a tener una eficiencia energética muy alta. Permite una optimización del consumo al desplazar la demanda hacia horarios de baja utilización mediante tarifas diferenciadas, contribuyendo a nivelar el uso de la red. Además, puede integrarse con fuentes de energía renovable, maximizando su aprovechamiento en momentos de alta generación, como la energía solar durante el día.

- ***Redacción de conclusiones***

Luego de realizar las simulaciones respectivas y sus análisis sobre los problemas que se presentaron en el alimentador por una posible integración de puntos de cargas y haber concluido todos los objetivos que se propuestos en el proyecto se describe una conclusión sobre los resultados obtenidos.

### **3.6. Instrumentos de investigación**

Análisis de documentos: Como instrumento de investigación para obtener información sistemática y objetiva sobre el tema de estudio. Este método consistirá en la revisión exhaustiva de materiales relevantes, como informes técnicos, normativas, estudios previos, publicaciones académicas, manuales de operación, políticas energéticas y documentos de planificación estratégica relacionados con la implementación de puntos de carga rápida para vehículos eléctricos.

Software CYMDIST: El software CYMDIST se utilizará para realizar simulaciones y análisis detallados de la capacidad de la infraestructura eléctrica y la calidad energética del alimentador San José Sur. Este programa especializado en sistemas eléctricos permitirá modelar de manera precisa la red de distribución existente, evaluando su comportamiento frente a la demanda adicional que se generará con la implementación de puntos de carga para vehículos eléctricos. El análisis incluirá la identificación de parámetros críticos, como la capacidad de los transformadores, la carga de las líneas de distribución, los niveles de voltaje y las pérdidas de energía en diferentes escenarios de operación.

### 3.7. Tratamiento de datos

Toda la información recolectada a través de diversas fuentes, métodos y tipos de investigación, será detallada y organizada mediante herramientas que faciliten un análisis de datos más eficiente. El uso de Excel ha sido crucial en el tratamiento de datos, permitió realizar una tabulación de los datos sobre problemas de calidad de energía en el alimentador San José Sur. Por otra parte, el uso de software CYMDIST para realizar las simulaciones respectivas y tener un mejor entendimiento de los cambios en las redes de distribución con la integración de puntos de carga rápida.

### 3.8. Recursos humanos y materiales

A continuación, se detallan los recursos utilizados en la investigación:

**Tabla 8**  
*Recursos utilizados en la investigación.*

<b>Recursos humanos</b>	<b>Recursos materiales</b>	<b>Recursos tecnológicos</b>
Estudiante investigador	Lapiceros	Software: Word, Excel, CYMDIST
Tribunal del proyecto de investigación	Cuadernos	Laptop
	Hojas papel ministro	Teléfonos celulares
	Resma de papel A4	Internet
Director académico (tutor)	Calculadora	Impresora
	Marcadores	Inteligencia artificial (IA)

**FUENTE:** EXCEL.

**ELABORADO POR:** BYRON RENDÓN.

**CAPÍTULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## 4.1. Alimentador San José Sur

El alimentador de distribución San José Sur está ubicado en la subestación Quevedo Sur y forma parte del sistema eléctrico de la empresa CNEL EP en la unidad de negocio Los Ríos - Quevedo. A continuación, se realiza un análisis del alimentador, sobre el estado actual teniendo en cuenta los aspectos más relevantes para esta investigación.

### 4.1.1. Análisis del alimentador

El alimentador San José Sur recorre un amplio tramo en la ciudad de Quevedo como se muestra en la figura 7, está compuesto por alrededor de 253 transformadores y un total de 245 cargas concentradas este según los datos proporcionados por la CNEL, cabe tener en cuenta que las cargas concentradas representan a varios usuarios conectados a ese mismo punto [65]. A continuación, se presenta datos actuales sobre el alimentador.

**Tabla 9**

*Estado actual del alimentador.*

Carga total			Pérdidas totales		
kVA	kW	FP (%)	kVA	kW	FP (%)
4187,44	4061,40	96,99	214,54	101,07	47,11

FUENTE: CYMDIST

**ELABORADO POR:** BYRON RENDÓN.

Según los datos proporcionados la carga total del alimentador San José Sur es de 4187,44 kVA y el factor de potencia cercano al 97% es un indicador de alta eficiencia en el uso de la energía eléctrica. Esto implica que la mayoría de la energía suministrada se está utilizando de manera efectiva para realizar trabajo útil (potencia activa), con una cantidad mínima de energía circulante (potencia reactiva). La relación indica que solo una pequeña parte de la potencia aparente está destinada a cubrir la demanda de reactivos.

$$\text{Potencia reactiva}(kVAR) = \sqrt{kVA^2 - kW^2} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$\text{Potencia reactiva}(kVAR) = \sqrt{4187,44^2 - 4016,40^2}$$

$$\text{Potencia reactiva}(kVAR) = 914,47kVAR$$

Esto demuestra que el sistema tiene una carga predominantemente resistiva.

En el caso de las pérdidas totales del alimentador San José Sur, los datos demuestran pérdidas totales de 214,54 kVA con un factor de potencia de 47,11%, este dato del factor de potencia es significativamente más bajo, lo que indica una alta proporción de energía reactiva asociada a las pérdidas en el sistema.

$$Potencia\ reactiva(kVAR) = \sqrt{kVA^2 - kW^2}$$

$$Potencia\ reactiva(kVAR) = \sqrt{214,54^2 - 101,07^2}$$

$$Potencia\ reactiva(kVAR) = 189,58kVAR$$

La potencia reactiva es mucho mayor que la potencia activa, lo cual es típico en pérdidas, ya que estas están influenciadas por efectos inductivos y capacitivos de las líneas y/o transformadores.

En relación con la carga total las pérdidas representan un 5,12% de la potencia aparente total.

$$\frac{kVA\ perdid\ as}{kVA\ total} \times 100\% = \frac{214,54}{4187,44} \times 100 \approx 5,12\% \quad \text{Ecuación 2}$$

Y en términos de potencia activa, las pérdidas representan un 2,49%.

$$\frac{kW\ perdid\ as}{kW\ total} \times 100\% = \frac{101,07}{4061,40} \times 100 \approx 2,49\%$$

Otro dato interesante que podemos calcular es la eficiencia del sistema que puede calcularse así:

$$Eficiencia = \frac{Potencia\ activa\ total - Perdid\ as\ activas}{Potencia\ activa\ total} \times 100\% \quad \text{Ecuación 3}$$

$$Eficiencia = \frac{4061,40 - 101,07}{4061,40} \times 100\% \approx 97,51\%$$

La eficiencia del sistema es del 97,51%, lo cual indica que el sistema es altamente eficiente.

#### **4.1.2. Análisis del flujo de carga en los transformadores**

En el alimentador San José Sur que cuenta con varios transformadores, se logró obtener datos sobre su cargabilidad, los cuales fueron agrupados por grupos de mayor a menor cargabilidad para un mejor entendimiento como se muestra en las siguientes tablas:

**Tabla 10***Estado actual de los transformadores con cargabilidad entre el 65% al 100%*

<b>Nro. equipo</b>	<b>Cap Nom (kVA)</b>	<b>Potencia total de paso (kW)</b>	<b>Potencia total de paso (kVAR)</b>	<b>Potencia total de paso (kVA)</b>	<b>Pérdidas totales (kW)</b>	<b>Pérdidas totales (kVAR)</b>	<b>Carga (%)</b>
045753	50,00	47	12	49	0,7	2,1	95,6
045774	50,00	46	12	47	0,6	2,0	92,5
5533	50,00	46	12	47	0,7	2,0	92,4
5454	50,00	45	11	46	0,6	1,9	90,1
045876	25,00	22	6	23	0,3	1,0	89,5
OID117596	25,00	22	6	23	0,3	0,9	88,9
5475	25,00	21	5	22	0,3	0,8	84,5
045756	25,00	20	5	21	0,3	0,8	81,6
OID169842	10,00	8	2	8	0,1	0,3	80,9
045809	25,00	19	5	20	0,3	0,7	78,2
045942	50,00	39	10	40	0,5	1,4	77,9
061972	50,00	37	9	39	0,5	1,4	75,6
OID152240;							
OID153201;	150,00	111	28	115	1,5	4,3	74,9
OID93796							
143292	50,00	36	9	38	0,5	1,2	73,6
45824	50,00	36	9	37	0,5	1,2	73,0
045901	50,00	36	9	37	0,5	1,2	72,7
0972283	50,00	36	9	37	0,5	1,2	71,9
1329484	50,00	36	9	37	0,5	1,2	71,9
045912	50,00	35	9	37	0,5	1,2	71,7
045817	25,00	17	4	18	0,2	0,6	70,0
045759	25,00	17	4	18	0,2	0,5	69,7
962513	25,00	17	4	18	0,2	0,6	69,6
61940	50,00	34	8	35	0,4	1,1	68,1
5529	112,50	75	19	77	1,0	2,6	67,3
0962915	25,00	16	4	17	0,2	0,5	65,9
046870	50,00	32	8	33	0,4	1,0	65,3

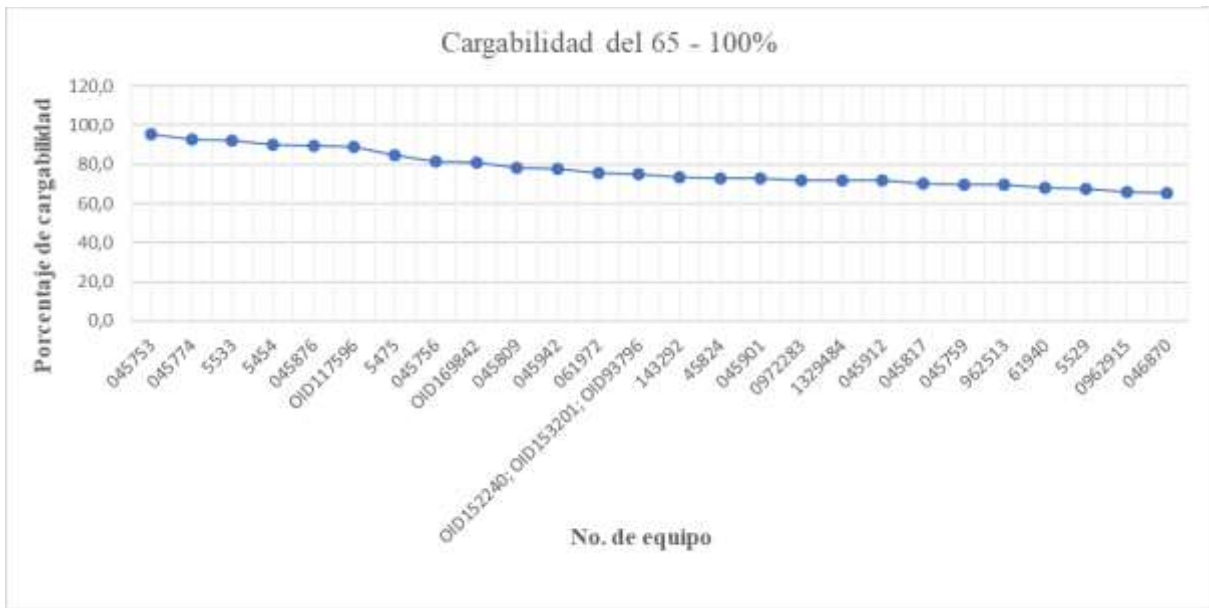
**FUENTE:** CYMDIST**ELABORADOR:** BYRON RENDÓN.

La tabla 10 describe varios datos relevantes sobre los transformadores con alto rango de cargabilidad entre el 65% al 100%, se mencionan varios datos relevantes como el número del equipo, su capacidad nominal, valores de potencia reales, perdidas en los transformadores y su cargabilidad entre otros. Los valores de potencia activa reflejan que los equipos operan cerca de su capacidad, especialmente aquellos con mayores cargas porcentuales (>70%), también muestra la energía asociada con los efectos inductivos y capacitivos, representando entre el 10% y el 25% de la potencia aparente. En promedio, el Fp se mantiene consistentemente alto lo que sugiere una operación eficiente, además se

muestran valores de pérdidas totales (kW y kVAR) que son relativamente bajas y eso es un indicativo de un diseño adecuado de los equipos, la mayoría de los equipos tienen pérdidas activas menores al 2% de su capacidad nominal. Es importante destacar que los equipos con mayores cargas porcentuales y que operan cerca de sus límites tienen el riesgo de sobrecalentamiento si no se manejan adecuadamente especialmente aquellos con cargabilidad mayores al 85%.

**Figura 9**

*Curva de cargabilidad de transformadores entre el 65% al 100%*

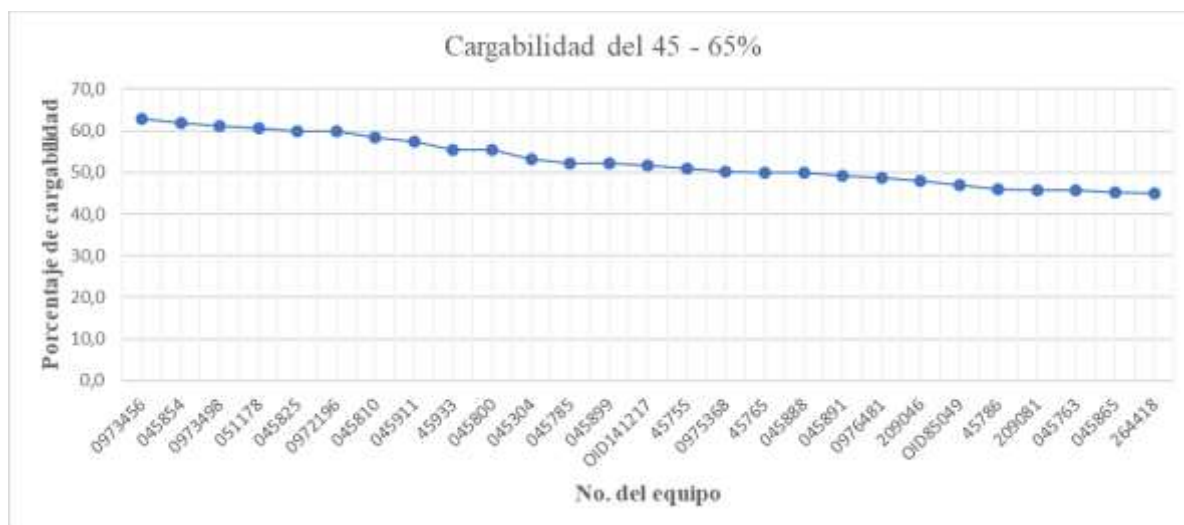


*Nota.* El transformador 045753 alcanza un porcentaje de cargabilidad del 95,6% siendo el más elevado.

La figura 9 describe que los equipos están operando en diferentes niveles de utilización, pero todos se mantienen dentro de rangos aceptables de cargabilidad, los primeros equipos (045753, 045774 y 5533) tienen una cargabilidad superior al 90%, lo que indica que están cercanos a su capacidad máxima. Esto podría requerir monitoreo adicional para evitar sobrecargas y posibles problemas térmicos. Tomando como ejemplo al transformador de mayor cargabilidad 045753, según el CYMDIST este transformador tiene un total de 90 clientes conectados, es decir, una carga concentrada que varía entre usuarios residenciales y alumbrado convencional, la potencia real de este número de usuarios es de 46,75 kW y un consumo energético de 23399 kWh, lo cual justifica que la cargabilidad de este transformador sea muy elevada.

**Figura 10**

*Curva de cargabilidad de transformadores entre el 45% al 65%*



*Nota.* En el rango de transformadores con carga moderada, destaca el transformador 0973456 con un porcentaje de 62,8%.

La figura 10 tiene una tendencia descendente uniforme, lo que refleja una reducción constante en el porcentaje de cargabilidad, se resalta una distribución desigual de la carga en los transformadores analizados, con un rango significativo de subutilización. Si bien algunos transformadores operan cerca de niveles aceptables, la mayoría se encuentra lejos del rango óptimo, lo que indica oportunidades de mejora en la planificación y operación del sistema.

Los equipos con cargas cercanas al 45% están siendo subutilizados, lo que podría incrementar costos operativos debido a pérdidas innecesarias en equipos sobredimensionados una posible opción sería evaluar si las cargas pueden ser redistribuidas de transformadores más cargados hacia los menos utilizados para mejorar el balance del sistema. El transformador 0973456 que cuenta con mayor cargabilidad de este grupo tiene una carga concentrada que cuenta con un total de 39 clientes repartidos entre usuarios residenciales, comerciales de bajo consumo y alumbrado convencional, la potencia real de este número de clientes es de 30,7kW y un consumo energético de 15365,56 kWh.

El transformador 045865 tiene una cargabilidad baja sin embargo destaca al ser trifásico de alta capacidad nominal, este cuenta con 27 clientes entre ellos usuarios mayormente usuarios comerciales de alto y bajo consumo, la potencia real es de 88,24 kW y un consumo de energía cerca de 44165 kWh, este transformador cuenta con una proyección de operatividad bastante alta por ello se encuentra subutilizado.

**Figura 11**

Curva de cargabilidad de transformadores entre el 30% al 45%



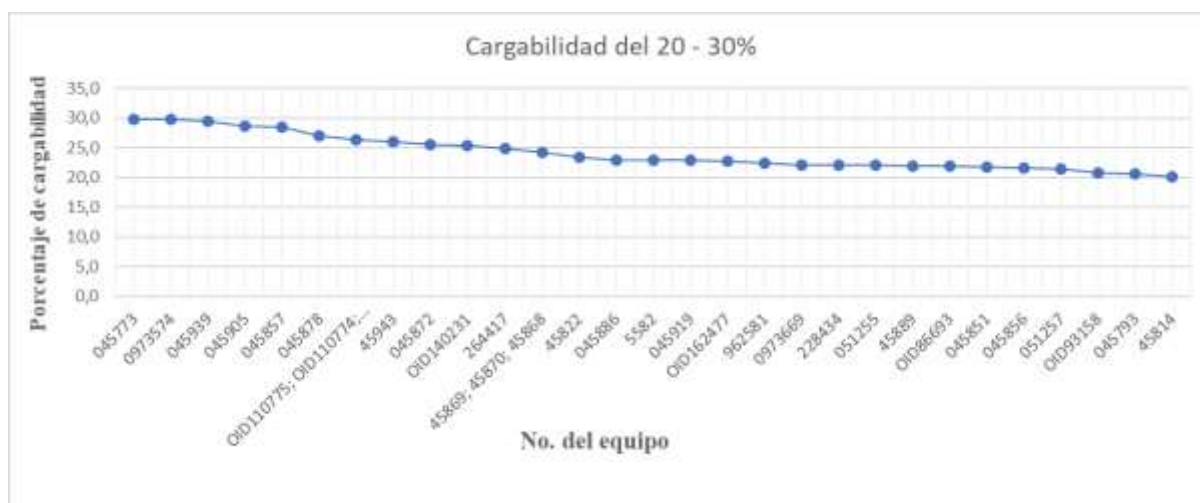
*Nota.* En el rango de los transformadores que están por debajo del nivel óptimo de operación se destaca el equipo 045861 con una cargabilidad el 44,3%.

Los valores de carga decrecen de manera progresiva desde el transformador con mayor carga (045861, con 44,3 %) hasta el de menor carga (51184, con 30,1 %), esto indica una tendencia hacia la subutilización de los transformadores en este rango, hay una cantidad considerable de transformadores en el alimentador San José Sur dentro del rango de cargabilidad entre 30% a 45%. Esto puede indicar que hay áreas donde la demanda es baja o donde se ha sobredimensionado la capacidad instalada.

El transformador 045861 indica una mayor cargabilidad de 44,3%, según el registro de la CNEL este equipo cuenta con una carga concentrada en la cual se encuentran 41 clientes entre ellos usuarios residenciales, comerciales y alumbrado convencional, la potencia real registrada es de 21,67 kW y un consumo energético de 10844,64 kWh.

**Figura 12**

*Curva de cargabilidad de transformadores entre el 20% al 30%*



*Nota.* El rango de operatividad en función a su cargabilidad indica que las cargas conectadas tienen un bajo consumo respecto a sus equipos y su capacidad nominal.

Los equipos con mayor cargabilidad (alrededor de 30%) están cercanos al límite superior de este rango, como el 045773 y el 0973574 además la operación de los transformadores con bajos niveles de carga puede implicar mayores pérdidas relativas y menor eficiencia energética. Si estos equipos están en zonas con proyección de aumento de demanda, podrían adaptarse en el futuro. De lo contrario, podría considerarse una redistribución de cargas o el reemplazo por equipos de menor capacidad para optimizar el uso de recursos.

Cabe mencionar que en otros puntos o tramos del alimentador existen otros transformadores que tienen una cargabilidad incluso menor que el 20%, como se mencionó al inicio este alimentador cuenta con alrededor de 253 transformadores y según este análisis se separó por grupos de cargabilidad para un mejor entendimiento de su estado actual.

#### **4.1.3. Transformadores con sobrecarga**

A continuación, se presenta una tabla con transformadores que exceden sus límites de operatividad puesto que sus cargabilidad excede el 100%, es decir, las cargas conectadas exceden la capacidad nominal de los equipos.

**Tabla 11**  
*Transformadores con sobrecarga del alimentador*

Nro. equipo	Cap Nom (kVA)	Potencia total de paso (kW)	Potencia total de paso (kvar)	Potencia total de paso (kVA)	Fp promedio (%)	Pérdidas totales (kW)	Pérdidas totales (kvar)	Carga (%)
OID150643	15,00	23	7	24	95,40	0,3	2,3	152,6
OID117595	50,00	56	15	57	96,66	0,9	3,0	111,8
046603	50,00	53	14	55	96,69	0,8	2,8	107,6
045821; 045820	10,00	10	2	10	97,27	0,1	0,3	103,5
045906	50,00	50	13	51	96,81	0,7	2,3	100,2

FUENTE: CYMDIST

**ELABORADO POR:** BYRON RENDÓN.

La sobrecarga en estos transformadores puede llevar a daños y a una reducción de su vida útil. Es fundamental considerar el estado de precarga del transformador para evaluar el tiempo máximo que puede soportar la sobrecarga. Operar continuamente a plena capacidad puede resultar en sobrecalentamiento y daños en el aislamiento.

Las pérdidas totales (kW y kvar) aumentan significativamente con la sobrecarga, lo que genera un incremento en la temperatura y reduce la eficiencia operativa, Si los transformadores sobrecargados fallan, puede haber interrupciones en el suministro eléctrico y un aumento de costos por reparaciones o reemplazos.

Varios de estos transformadores se encuentran ubicados en diferentes puntos del alimentador y todos tienen varios clientes conectados entre ellos usuarios residenciales, comerciales y alumbrado convencional, de este grupo de equipos observamos que existen ciertos transformadores con baja capacidad nominal, lo cual sugiere que debe realizarse un cambio a equipos con mayor capacidad, puesto que varias cargas están conectadas a ese mismo equipo.

#### **4.1.4. Análisis de flujo de carga en los conductores**

Para este análisis al igual que con los transformadores, se procedió a evaluar el estado actual de los conductores de media tensión del alimentador San José Sur separándolos por tramo y nivel de cargabilidad para un mejor entendimiento de los datos proporcionados por el software CYMDIST.

**Tabla 12***Tramos del alimentador con cargabilidad entre el 65% al 100%*

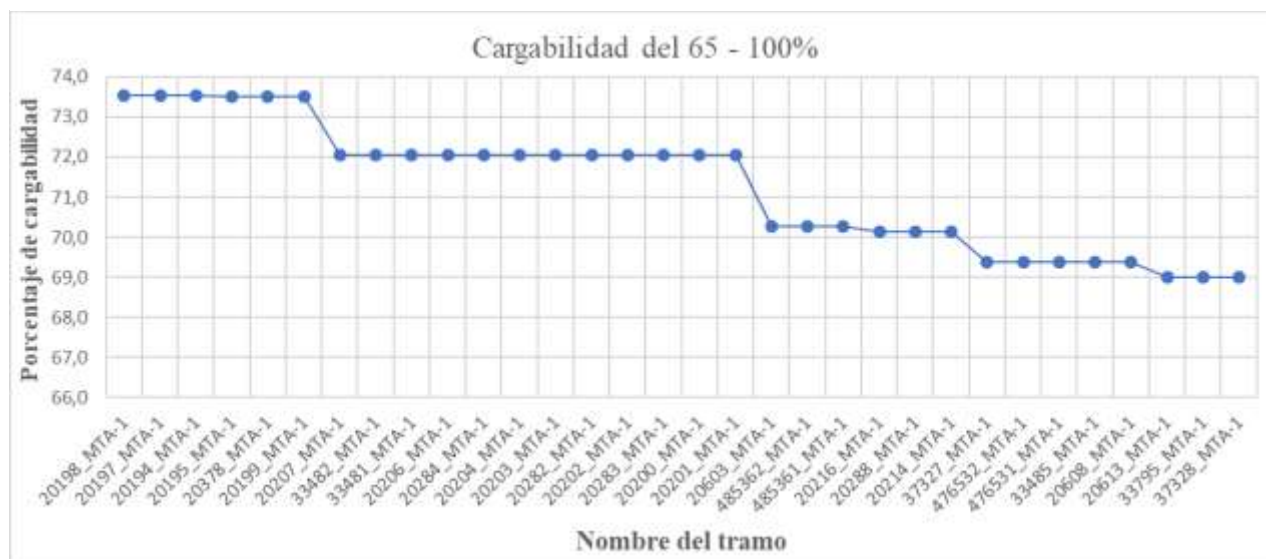
Nombre del tramo	Potencia total de paso (kW)	Potencia total de paso (kvar)	Potencia total de paso (kVA)	Pérdidas totales (kW)	Pérdidas totales (kvar)	Carga (%)
20198_MTA-1	3826	931	3937	0,4	1,0	73,5
20197_MTA-1	3826	934	3939	0,8	2,2	73,5
20194_MTA-1	3845	940	3958	0,9	2,7	73,5
20195_MTA-1	3802	922	3912	0,5	1,5	73,5
20378_MTA-1	3803	924	3913	0,5	1,4	73,5
20199_MTA-1	3823	930	3935	0,7	2,0	73,5
20207_MTA-1	3577	849	3677	0,6	1,8	72,1
33482_MTA-1	3578	851	3677	0,6	1,7	72,1
33481_MTA-1	3626	862	3728	0,1	0,3	72,1
20206_MTA-1	3672	875	3775	0,5	1,5	72,1
20284_MTA-1	3672	876	3775	0,3	0,9	72,1
20204_MTA-1	3673	879	3777	0,9	2,7	72,1
20203_MTA-1	3696	886	3801	0,6	1,9	72,1
20282_MTA-1	3697	887	3802	0,5	1,6	72,1
20202_MTA-1	3717	895	3823	0,9	2,7	72,1
20283_MTA-1	3754	906	3862	0,7	2,1	72,1
20200_MTA-1	3755	908	3863	0,8	2,3	72,1
20201_MTA-1	3771	913	3880	0,7	2,2	72,1
20603_MTA-1	3464	817	3559	0,0	0,1	70,3
485362_MTA-1	3465	819	3560	0,4	1,1	70,3
485361_MTA-1	3465	820	3561	0,4	1,2	70,3
20216_MTA-1	3421	804	3514	0,4	1,2	70,1
20288_MTA-1	3421	804	3515	0,3	0,9	70,1
20214_MTA-1	3422	805	3515	0,3	0,9	70,1
37327_MTA-1	3292	769	3380	0,0	0,1	69,4
476532_MTA-1	3292	770	3381	0,4	1,3	69,4
476531_MTA-1	3293	772	3382	0,5	1,3	69,4
33485_MTA-1	3293	773	3383	0,6	1,6	69,4
20608_MTA-1	3293	773	3383	0,0	0,1	69,4
20613_MTA-1	3222	751	3309	0,4	1,2	69,0
33795_MTA-1	3223	753	3310	0,5	1,5	69,0
37328_MTA-1	3229	756	3317	0,5	1,5	69,0

**FUENTE:** CYMDIST**ELABORADOR:** BYRON RENDÓN.

La tabla 12 describe varios datos relevantes sobre los tramos de conductores del alimentador con alto rango de cargabilidad entre el 65% al 100%, se mencionan varios datos relevantes como el nombre del tramo, valores de potencia reales, perdidas en las líneas y su cargabilidad entre otros. Como observamos el rango real de cargabilidad en los conductores esta entre el 69% y el 73.5%, lo que sugiere que los conductores están operando por debajo de su capacidad máxima. Aunque no hay sobrecarga, el porcentaje cercano al 75% implica que podrían estar acercándose al límite en algunas secciones.

**Figura 13**

Curva de cargabilidad de los conductores entre el 65% al 100%



Nota. El rango de cargabilidad está entre 69% y el 73.5%.

Los tramos 20198\_MTA-1; 20197\_MTA-1, cuentan con mayor cargabilidad estos tramos se encuentran cerca de la subestación, sin embargo, no son los más cercanos y tienen una distancia de 240,787 pies, cabe mencionar que es una red trifásica con un tipo de estructura 3CP de conductor ASCR 2/0 por fase. A partir de 20603\_MTA-1, la cargabilidad disminuye progresivamente hasta llegar a valores cercanos al 69.0% en los últimos tramos (20613\_MTA-1 a 37328\_MTA-1). Esto refleja una carga menos demandante en estas secciones, posiblemente debido a un menor consumo de los clientes conectados.

Varios tramos del alimentador tienen la misma cargabilidad como se observa en la gráfica debido a que son tramos seguidos, sin embargo, ciertos valores de potencia como la reactiva, aparente, así también como las pérdidas ocasionadas en los conductores son distintas por muy poco, estos datos son ciertamente relevante y ocurre debido a los equipos y cargas concentradas que tiene conectadas estos tramos de los conductores.

Aunque no se observan sobrecargas, se recomienda monitorear periódicamente los tramos con mayor cargabilidad (20198\_MTA-1 a 20378\_MTA-1) para evitar que alcancen niveles críticos y realizar un estudio térmico de los conductores para confirmar que están dentro de los límites de operación segura, especialmente en los tramos con mayor carga.

**Tabla 13***Tramos del alimentador con cargabilidad entre el 45% al 65%*

<b>Nro. equipo</b>	<b>Potencia total de paso (kW)</b>	<b>Potencia total de paso (kvar)</b>	<b>Potencia total de paso (kVA)</b>	<b>Pérdidas totales (kW)</b>	<b>Pérdidas totales (kvar)</b>	<b>Carga (%)</b>
20193_MTA-1	3907	960	4023	0,8	2,2	60,7
20184_MTA-1	3908	961	4024	0,7	2,0	60,7
20192_MTA-1	3929	969	4047	0,8	2,3	60,7
20191_MTA-1	3946	975	4064	0,7	2,0	60,7
20183_MTA-1	4002	991	4123	1,1	2,9	60,7
20180_MTA-1	4006	994	4128	1,2	3,2	60,7
20186_MTA-1	4007	997	4129	0,8	2,3	60,7
20178_MTA-1	4059	1012	4183	0,9	2,6	60,7
20177_MTA-1	4060	1015	4184	1,0	2,7	60,7
20185_MTA-1	4060	1017	4186	0,9	2,4	60,7
20181_MTA-1	4061	1019	4187	0,9	2,4	60,7
20555_MTA-1	4061	1019	4187	0,0	0,0	60,7
20182_MTA-1	4061	1020	4187	0,0	0,1	60,7
20660_MTA-1	4061	1020	4187	0,0	0,1	60,7
20190_MTA-1	3881	951	3996	1,1	2,9	59,8
20297_MTA-1	2969	688	3048	0,3	0,7	56,7
20314_MTA-1	2962	685	3040	0,5	1,5	56,4
20312_MTA-1	2963	686	3042	0,6	1,6	56,4
20287_MTA-1	3430	809	3524	0,6	1,7	55,8
20213_MTA-1	3430	810	3524	0,4	1,1	55,8
20317_MTA-1	2702	627	2774	0,5	1,4	51,5
20551_MTA-1	2702	627	2774	0,0	0,1	51,5
478949_MTA-1	2589	597	2657	0,0	0,0	46,3
124141_MTA-1	2589	597	2657	0,0	0,0	46,3
478950_MTA-1	2583	596	2651	0,6	1,6	46,2
354759_MTA-1	2577	593	2645	0,4	1,1	46,1
456228_MTA-1	2578	594	2645	0,3	0,8	46,1
478952_MTA-1	2534	580	2599	0,7	2,0	45,9
478951_MTA-1	2534	582	2600	0,6	1,6	45,9

**FUENTE:** CYMDIST.**ELABORADO POR:** BYRON RENDÓN.

Los niveles de cargabilidad en los tramos comienzan alrededor del 60.7% y disminuyen de forma gradual hasta un mínimo de 45.9% en los últimos tramos. Esta tendencia refleja un menor aprovechamiento de la capacidad instalada conforme se avanza a través de los equipos, posiblemente debido a una menor demanda de carga o una configuración del sistema donde los tramos finales están diseñados para cubrir una demanda futura no alcanzada aún. Esta uniformidad refleja una buena distribución de la demanda en estos tramos. Sin embargo, la cercanía de estos valores podría generar un cuello de botella en caso de un incremento repentino en la carga.

**Figura 14**

Curva de cargabilidad de los conductores entre el 45% al 65%



Nota. El tramo 20660\_MTA-1, es el más cercano a la fuente.

Los equipos 20193\_MTA-1 hasta 20660\_MTA-1 tienen un nivel uniforme de 60.7%, lo que indica que están operando dentro de un rango similar de carga. Esta uniformidad refleja una buena distribución de la demanda en estos tramos.

El tramo 20660\_MTA-1, es el más cercano a la fuente y su cargabilidad es de 60,7%, según los valores proporcionados por CYMDIST este tramo cuenta con los valores más altos en cuenta a potencia por ello su cargabilidad es relativamente alta, este detalle es importante puesto que al ser el conductor más cercano a la subestación se verá afectado al momento de realizar la nueva simulación insertando los punto de carga o electrolineras, además de otros tramos cercanos correspondientes a donde se incluya los puntos de carga. Si bien en la anterior grafica existían tramos con mayor cargabilidad y que no estaban tan cercanos a la fuente como los de este rango, esto se da por diversos factores entre ellos está el calibre del conductor para unos tramos es ASCR 2/0, mientras que en otros tramos que son más cercanos a la subestación el calibre del conductor es ASCR 4/0 por fase.

Los equipos desde 20317\_MTA-1 hasta 478951\_MTA-1 muestran una cargabilidad decreciente hasta 45.9%. Estos valores bajos pueden indicar que estos tramos están subutilizados, posiblemente diseñados para cubrir una expansión futura de la red. El factor de potencia promedio es bastante consistente y está en valores superiores al 97%, lo cual es excelente. Esto sugiere una buena compensación de potencia reactiva en el sistema. Ningún tramo supera el 70% de carga, lo que significa que el sistema aún tiene capacidad disponible

para soportar incrementos de carga en el futuro. Lo que sugiere un posible lugar para insertar los puntos de carga.

**Tabla 14**

*Tramos del alimentador con cargabilidad entre el 30% al 45%*

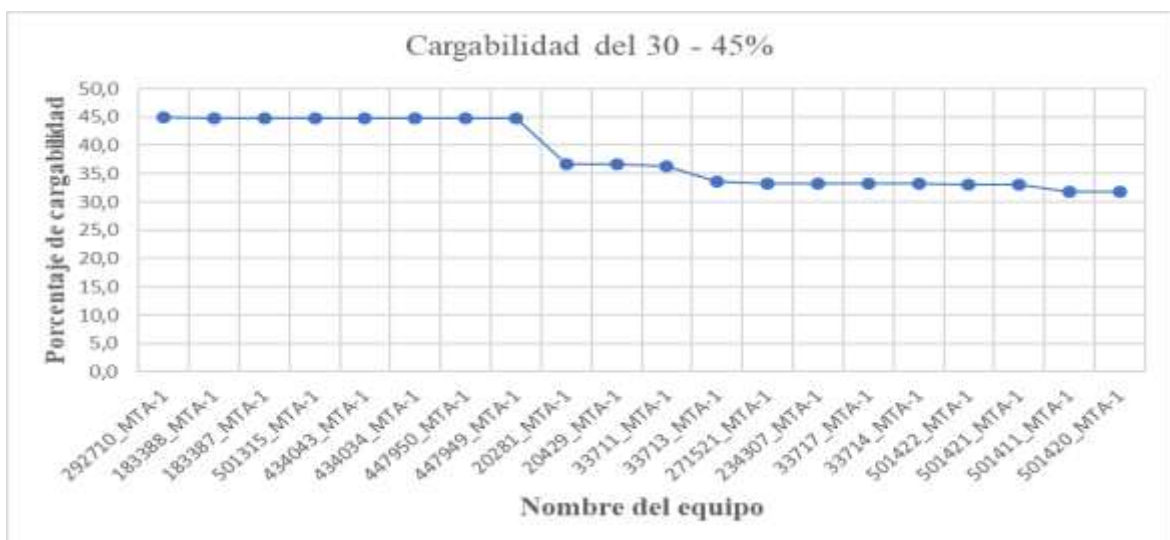
Nombre del tramo	Potencia total de paso (kW)	Potencia total de paso (kvar)	Potencia total de paso (kVA)	Pérdidas totales (kW)	Pérdidas totales (kvar)	Carga (%)
292710_MTA-1	2469	563	2532	0,0	0,0	44,9
183388_MTA-1	2467	562	2531	0,1	0,2	44,8
183387_MTA-1	2467	563	2531	0,1	0,3	44,8
501315_MTA-1	2427	552	2489	0,1	0,4	44,7
434043_MTA-1	2427	553	2489	0,3	0,9	44,7
434034_MTA-1	2433	554	2495	0,0	0,0	44,7
447950_MTA-1	2433	554	2495	0,0	0,0	44,7
447949_MTA-1	2457	560	2520	0,2	0,5	44,7
20281_MTA-1	1943	446	1994	0,2	0,6	36,7
20429_MTA-1	1953	448	2003	0,0	0,1	36,7
33711_MTA-1	1923	441	1973	0,1	0,4	36,3
33713_MTA-1	1859	426	1907	0,2	0,5	33,5
271521_MTA-1	1808	413	1854	0,1	0,4	33,3
234307_MTA-1	1808	413	1855	0,2	0,5	33,3
33717_MTA-1	1839	421	1887	0,1	0,4	33,3
33714_MTA-1	1839	421	1887	0,1	0,3	33,3
501422_MTA-1	2133	488	2188	0,1	0,4	33,1
501421_MTA-1	2133	489	2188	0,1	0,4	33,1
501411_MTA-1	2100	480	2154	0,1	0,2	31,9
501420_MTA-1	2100	480	2155	0,1	0,3	31,9

FUENTE: CYMDIST.

ELABORADO POR: BYRON RENDÓN.

**Figura 15**

*Curva de cargabilidad de los conductores entre el 30% al 45%*



Nota. Tramos del alimentador con cargabilidad  $\leq 45\%$ .

Los tramos comienzan con una cargabilidad de 44.9% y descienden progresivamente hasta 31.9% en los últimos equipos. Este descenso indica que estos tramos están significativamente subutilizados, posiblemente debido a su ubicación aguas abajo o a un diseño para soportar expansiones futuras, las pérdidas totales son insignificantes en toda esta sección del sistema. Incluso los equipos con niveles más bajos de cargabilidad mantienen un desempeño eficiente, con pérdidas cercanas a cero en varios casos. Estos tramos empiezan cerca de la Av. Walter Andrade donde se encuentra cargas como, por ejemplo, centro de diálisis y servicios dialilife s.a., la concentración de cargas por tramo en esta zona no es muy elevada por ello la cargabilidad en los conductores es baja.

**Tabla 15**

*Tramos del alimentador con cargabilidad entre el 15% al 30%*

Nombre del tramo	Potencia total de paso (kW)	Potencia total de paso (kvar)	Potencia total de paso (kVA)	Pérdidas totales (kW)	Pérdidas totales (kvar)	Carga (%)
501412_MTA-1	1953	448	2004	0,2	0,5	29,1
20994_MTA-1	971	219	995	0,0	0,1	27,2
20259_MTA-1	1189	270	1219	0,1	0,2	23,9
20641_MTA-1	1189	270	1219	0,0	0,0	23,9
478898_MTA-1	1189	270	1219	0,0	0,0	23,9
478897_MTA-1	1189	270	1219	0,0	0,0	23,9
20703_MTA-1	1189	270	1219	0,1	0,2	23,9
478900_MTA-1	1189	270	1219	0,0	0,0	23,9
33722_MTA-1	1033	232	1059	0,0	0,1	19,9
33721_MTA-1	1040	233	1066	0,0	0,1	19,9
20564_MTA-1	1074	242	1101	0,1	0,2	19,9
488713_MTA-1	1004	225	1029	0,0	0,0	18,6
488714_MTA-1	1003	225	1028	0,0	0,1	18,6
33724_MTA-1	973	219	998	0,0	0,1	18,2
20995_MTA-1	965	217	990	0,0	0,1	18,1
393056_MTA-1	859	192	881	0,0	0,0	16,8
393055_MTA-1	859	192	881	0,0	0,0	16,8
393054_MTA-1	869	194	890	0,0	0,0	16,8
393053_MTA-1	869	194	890	0,0	0,0	16,8
33727_MTA-1	869	195	890	0,0	0,1	16,8
33725_MTA-1	871	195	893	0,0	0,1	16,8
20996_MTA-1	936	210	959	0,0	0,0	16,8

**FUENTE:** CYMDIST.

**ELABORADO POR:** BYRON RENDÓN.

**Figura 16**

Curva de cargabilidad de los conductores entre el 15% al 30%



*Nota.* El rango de cargabilidad está entre el 16,8% y el 29,1%

El equipo 501412\_MTA-1 tiene la mayor cargabilidad en este grupo con un 29,1%, manteniendo un factor de potencia de 97,46%, los equipos 393056\_MTA-1, 393055\_MTA-1, 393054\_MTA-1, y 20996\_MTA-1 tienen una cargabilidad uniforme de 16,8%, lo que representa el menor nivel de carga en la gráfica. Es importante considerar que varios de estos tramos no presentan pérdidas o es casi insignificante, esto refleja un buen diseño del alimentador con una buena proyección en el aumento de la demanda.

Es importante mencionar que el alimentador abarca bastantes zonas de Quevedo y sobre todo pasa por la parte céntrica de la ciudad, donde la densidad de cargas es bastante amplia por ello el diseño refleja una buena proyección a futuro.

#### **4.1.5. Valores máximos de tensión en el año 2023**

A continuación, se describen los datos de tensión tanto los valores máximos como mínimos de la red, en este caso del alimentador San José Sur mediante un dispositivo tecnológicamente avanzado que utiliza transformadores de corriente y potencial para medir y analizar la cantidad y calidad de la energía eléctrica. Este medidor proporciona datos cada 10 min detallados, abarcando parámetros críticos como potencias activas, reactiva y aparente, corrientes, tensiones, entre otros.

**Tabla 16**  
*Valores Máximos mensuales de tensión del año 2023*

Mes	Tensión máxima			ARCERNNR 002/20	Excedente %
	VLL	Fecha	Hora		
Enero	14.106	8/1/2023	7:10:00	SI CUMPLE	---
Febrero	14.073	26/2/2023	6:50:00	SI CUMPLE	---
Marzo	14.116	18/3/2023	12:30:00	SI CUMPLE	---
Abril	14.050	30/4/2023	23:50:00	SI CUMPLE	---
Mayo	13.865	31/5/2023	23:50:00	SI CUMPLE	---
Junio	13.889	7/6/2023	7:00:00	SI CUMPLE	---
Julio	14.032	22/7/2023	6:50:00	SI CUMPLE	---
Agosto	13.825	20/8/2023	6:50:00	SI CUMPLE	---
Septiembre	13.899	10/9/2023	6:40:00	SI CUMPLE	---
Octubre	14.011	22/10/2023	7:00:00	SI CUMPLE	---
Noviembre	13.933	18/11/2023	6:30:00	SI CUMPLE	---
Diciembre	13.808	2/12/2023	6:10:00	SI CUMPLE	---

**FUENTE:** CNEL EP.

**ELABORADO POR:** BYRON RENDÓN.

La tabla 16 presenta los valores de tensión máxima registrado por mes del alimentador San José Sur, todas las mediciones cumplen con el reglamento ARCERNNR 002/20, lo que indica que los niveles de tensión están dentro de los límites permitidos  $\pm 6\%$ .

El valor más alto se registró en marzo con 14.116 kV. El valor más bajo se presentó en diciembre con 13.808 kV. La variación a lo largo del año es de aproximadamente 308 V, lo que representa una fluctuación pequeña en términos de estabilidad de la red. Ninguno de los valores registrados tiene excedentes o está fuera de los límites.

Es importante resaltar que estas mediciones son detalladas, cada 10 min se obtiene una nueva medición y por ende cada corto tiempo los datos cambian, sin embargo, las variaciones no son exageradas y no afectan la calidad del servicio.

#### **4.1.6. Valores mínimos de tensión en el año 2023**

A continuación, se describen los valores de tensión mínimos por mes del alimentador San José Sur.

**Tabla 17**  
Valores Mínimos mensuales de tensión del año 2023

Mes	Tensión mínima			ARCERNNR 002/20	Excedente %
	VLL	Fecha	Hora		
Enero	13.347	15/1/2023	1:20:00	SI CUMPLE	---
Febrero	13.345	9/2/2023	22:20:00	SI CUMPLE	---
Marzo	13.637	25/3/2023	12:00:00	SI CUMPLE	---
Abril	13.127	26/4/2023	14:30:00	SI CUMPLE	---
Mayo	13.042	8/5/2023	15:20:00	SI CUMPLE	---
Junio	13.240	12/6/2023	14:40:00	SI CUMPLE	---
Julio	13.180	18/7/2023	19:00:00	SI CUMPLE	---
Agosto	13.161	24/8/2023	18:40:00	SI CUMPLE	---
Septiembre	13.119	25/9/2023	14:30:00	SI CUMPLE	---
Octubre	13.363	8/10/2023	14:10:00	SI CUMPLE	---
Noviembre	11.227	1/11/2023	11:40:00	NO CUMPLE	12,65
Diciembre	13.209	6/12/2023	18:20:00	SI CUMPLE	---

**FUENTE:** CNEL EP

**ELABORADO:** BYRON RENDÓN

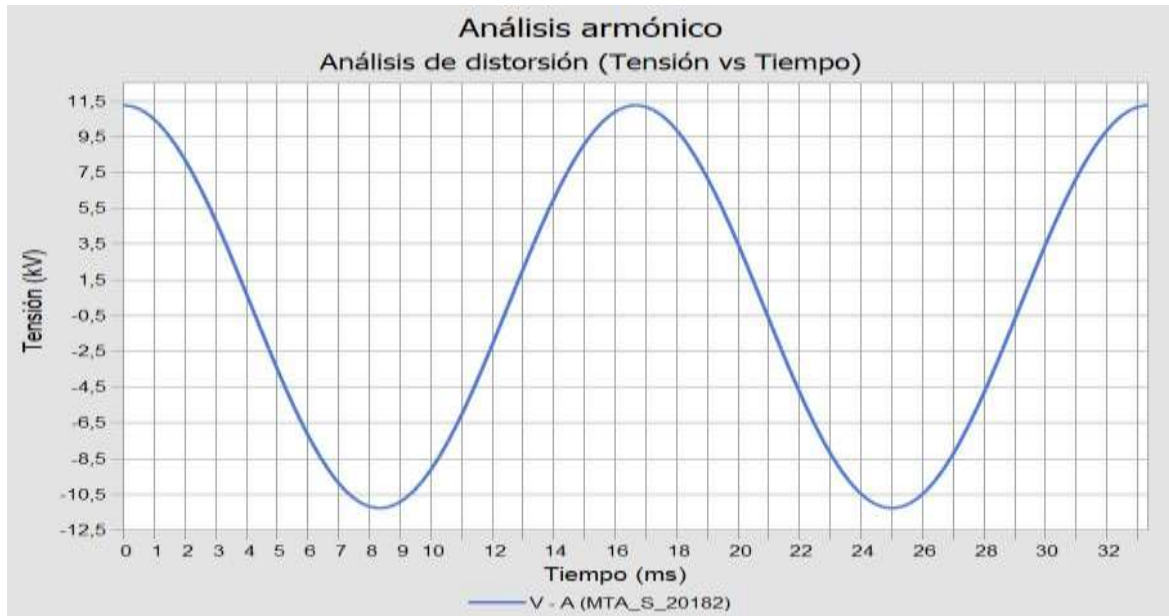
La tabla 17 de los valores de tensión mínima observamos que todos los valores cumplen con ARCERNNR 002/20, excepto noviembre, cuando la tensión cayó a 11.227 VLL, excediendo el límite permitido en 12,65%. Las fluctuaciones en general de tensión son de aproximadamente 600 V, exceptuando la anomalía de noviembre. El mes de noviembre es el único en que la tensión cae por debajo del límite normativo, lo que sugiere una sobrecarga en el sistema o un problema en la regulación de tensión en esa fecha y hora específica. A pesar incumplir la normativa, el porcentaje que sobrepasa es un poco tolerado porque sucedió alrededor de 10min o menos, por lo tanto, es casi despreciable en la red de media tensión.

#### **4.1.7. Análisis de distorsión de armónicos**

El análisis de armónicos se lo realizó en todos los tramos de media tensión pertenecientes al alimentador San José Sur utilizando la herramienta de simulación CYMDIST, en donde se obtuvo como resultado un bajo nivel de armónicos de voltaje en el alimentador aproximadamente 0,001% el cual es un valor insignificante para la onda sinusoidal. En la figura 17, figura 18, figura 19 se muestra la onda fundamental de voltaje en la fase A, fase

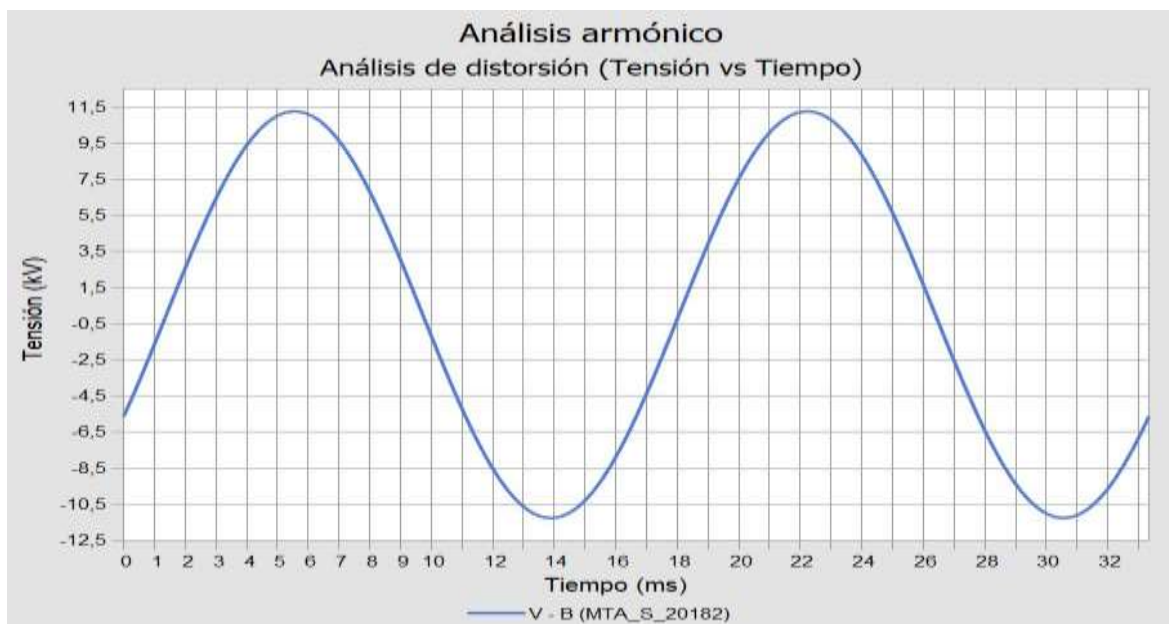
B y fase C en el nodo más cercano a la fuente. En estas figuras se puede observar que no existen distorsiones en la onda fundamental debido al bajo porcentaje de armónicos en la red, comprobándose que no existen armónicos significativos en el alimentador.

**Figura 17**  
*Distorsión de armónicos de la fase A*



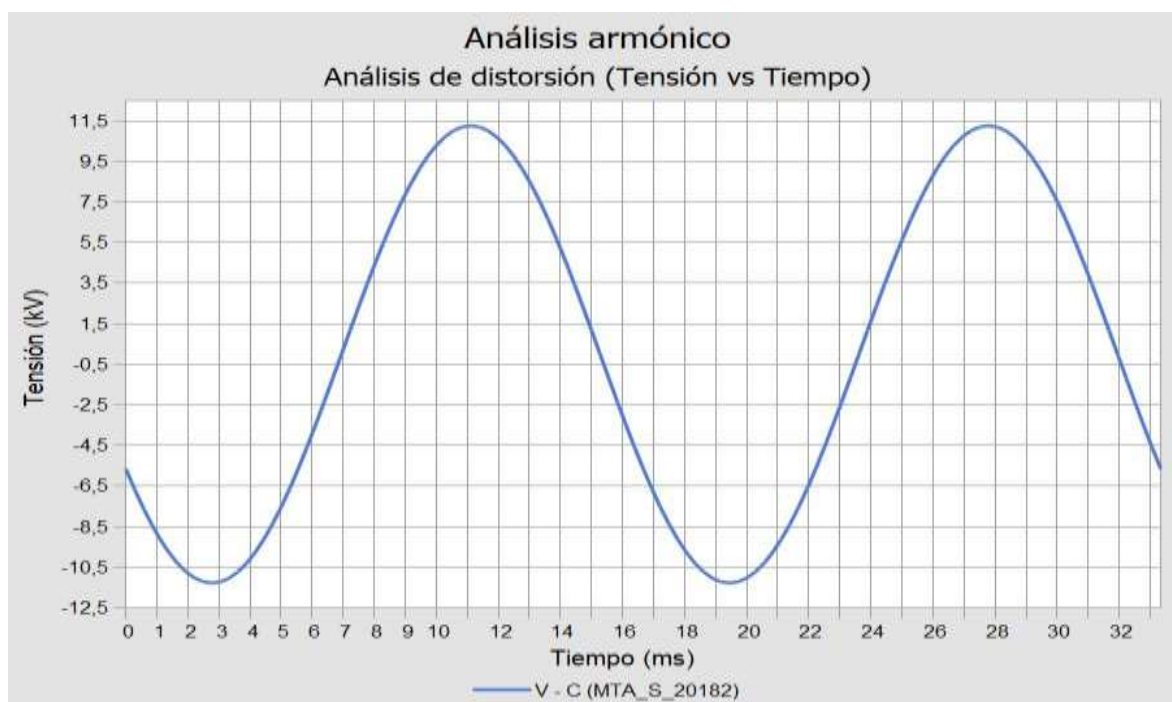
*Nota.* Tomado de CYME-CYMDIST, por Byron Rendón.

**Figura 18**  
*Distorsión de armónicos de la fase B*



*Nota.* Tomado de CYME-CYMDIST, por Byron Rendón.

**Figura 19**  
Distorsión de armónicos de la fase C



Nota. Tomado de CYME-CYMDIST, por Byron Rendón.

#### 4.1.8. Análisis del factor de potencia

A continuación, se presentan los valores del Fp por fase del alimentador San José Sur.

**Tabla 18**

Valor máximo, mínimo y promedio del factor de potencia por fase

Valores	FACTOR DE POTENCIA %			ARCERNNR 002/20
	Factor de potencia A	Factor de potencia B	Factor de potencia C	
Máximo	99,598	99,598	99,598	SI CUMPLE
Mínimo	97,669	97,193	97,091	SI CUMPLE
Promedio	99,556	98,143	98,967	SI CUMPLE

FUENTE: CNEL EP

ELABORADO POR: BYRON RENDÓN.

La tabla 18 muestra que los valores del factor de potencia cumplen o están de los límites en la normativa, el factor de potencia está por encima del valor de 0.92, tanto en valores máximos como mínimos, no se observa un factor de potencia bajo <95%, lo que indica que la carga reactiva está bien compensada como se observa en las tablas del flujo de carga en

los transformadores y conductores, no hay grandes diferencias entre fases, lo que sugiere que no hay un desbalance significativo en la red.

#### **4.1.9. Análisis de potencia activa por fase**

A continuación, se presentan los valores de potencia activa por fase del alimentador San José Sur.

**Tabla 19**

*Valor máximo, mínimo y promedio de la potencia activa por fase*

Valores	Potencia activa KW			Desbalance (%)	
	Potencia activa	Fase A	Fase B		Fase C
Máximo	4.064	1.381	1.317	1.365	4,73
Mínimo	2.909	1.122	921	1.010	19,75
Promedio	3194,865	1163,348	1017,938	1022,578	---

**FUENTE:** CNEL EP

#### **ELABORADO POR:** BYRON RENDÓN

La tabla 19 muestra los valores de potencia activa del alimentador San José Sur del año 2023, presenta los valores máximos, mínimos y promedio, en general y por fase, en donde observamos que en los valores máximos existe un desbalance del 4,73% por fase y en los valores mínimos el desbalance es de 19,75%, este desbalance es debido al balanceo distribución de cargas del sistema, el desbalance es más evidente en los valores mínimos pero cabe mencionar que esta medición es generada en un corto instante de tiempo, por lo tanto, es casi imperceptible para el sistema.

##### **4.1.9.1 Análisis de Potencia Activa en un intervalo de 7 días**

A continuación, se detallan los valores máximos de potencia activa a partir del valor de mayor potencia activa mostrada en la tabla 19.

**Figura 20**

Curva de la potencia evaluada en un periodo de 7 días



*Nota.* La grafica muestra los valores evaluados en un periodo de 7 días. Tomado de Excel, por Byron Rendon.

La demanda de potencia activa oscila entre aproximadamente 3.300 KW y 4.100 KW, se observa una tendencia estable, con ligeras variaciones en la demanda en la mayoría de los días, el 28/5/2023 presenta la menor demanda, con un valor 3456 KW este descenso podría estar relacionado con una reducción en el consumo de carga o algún evento particular que afectó la demanda, sin embargo cabe resaltar que este descenso de potencia se dio durante un periodo de tiempo de acuerdo a las mediciones tomadas por CNEL EP, es decir, la reducción de potencia en este corto tiempo se pudo haber realizado por desconexión temporal de cargas importantes, fallas o mantenimientos en el sistema eléctrico, entre otros.

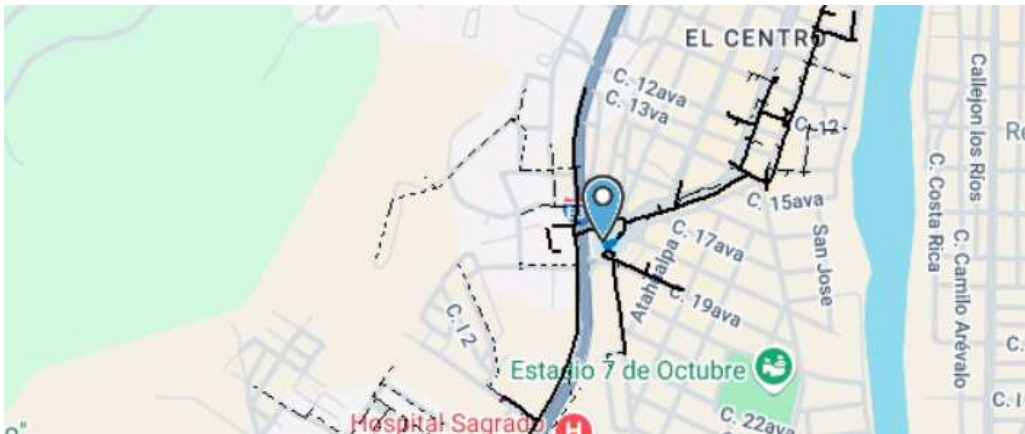
## **4.2. Implementación de electrolineras de carga rápida en el alimentador San José Sur**

### **4.2.1. Ubicación de las electrolineras**

La ubicación ideal de una electrolinera de carga rápida debe equilibrar accesibilidad, demanda, infraestructura eléctrica y viabilidad económica. Esto asegura una cobertura adecuada en rutas principales y áreas urbanas. En el Ecuador los lugares más frecuentes para la ubicación de electrolineras de carga rápida son dentro de las gasolineras, puesto que pueden ser lugares estratégicos para instalar electrolineras de carga rápida, especialmente en corredores viales y zonas urbanas con alta demanda, accesibilidad y seguridad entre otros.

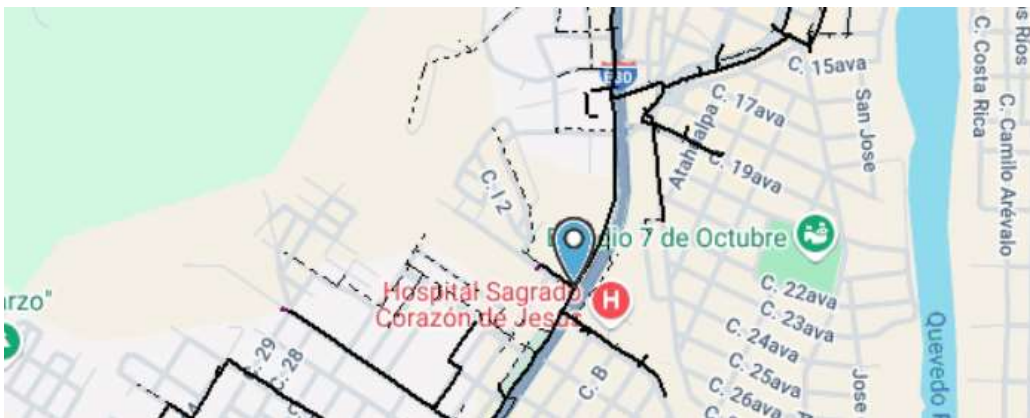
En el tramo del alimentador San José Sur existen 3 estaciones de servicios (gasolineras) que pueden considerarse adecuadas para la implementación de electrolineras.

**Figura 21**  
*Ubicación de la estación SERVICENTRO QUEVEDO*



*Nota.* La estación SERVICENTRO QUEVEDO cuenta con un transformador de trifásico en cabina de 50kVA.

**Figura 22**  
*Ubicación de la estación PETROLRIOS "Miguel Ángel 2"*



*Nota.* La estación PETROLRIOS "Miguel Ángel 2" cuenta con un transformador de trifásico en poste de 30kVA.

**Figura 23**  
Ubicación de la estación PETROLRIOS



*Nota.* La estación PETROLRIOS cuenta con un transformador de trifásico en poste de 50kVA.

Para las electrolineras se necesitan colocar nuevos transformadores debido a que la tecnología de carga rápida requiere una potencia específica dependiendo del tipo de cargador o modo de carga, en este caso será el modo 4 y tomando como referencia otras estaciones de carga en el Ecuador que usan CHAdeMO el cual requiere una potencia de 50 kW por punto, para la simulación usare 3 puntos de carga por electrolineras además de eso se considera el estudio [62], que proporciona datos sobre el vehículo eléctrico para el modelamiento en el software el vehículo tomado en consideración es el AUDI E-TRON, al tener estos datos debemos calcular la potencia del transformador.

$$\text{Potencia total} = \text{Puntos de carga} * \text{Potencia nominal} \quad \text{Ecuación 4}$$

$$\text{Potencia total} = 3 * 50kW$$

$$\text{Potencia total} = 150kW$$

Teniendo el dato de la potencia total y asumiendo que el factor de potencia debe muy eficiente, es decir, mayor a 0,95 podemos calcular la potencia del transformador a instalar considerando un 25% más al valor obtenido.

$$\text{Potencia aparente} = \frac{P}{fp} * 1,25 \quad \text{Ecuación 5}$$

$$\text{Potencia aparente} = \frac{150}{0,95} * 1,25$$

$$\text{Potencia aparente} = 197,36 \text{ kVA}$$

La potencia del transformador debe ser de 197,36 kVA y el valor comercial más cercano es de 200 kVA, este el valor de los transformadores a usar en la simulación posteriormente se evaluarán los resultados obtenidos por el CYMDIST.

### **4.3. Análisis del estado del alimentador con la implementación de electrolineras**

En este caso en particular el análisis se enfocará específicamente en el impacto genera esta conexión sobre el alimentador. Este enfoque permite examinar con precisión cómo la nueva carga influye en el rendimiento y la capacidad del alimentador San José Sur.

#### ***4.3.1. Análisis de la potencia activa en los tramos del alimentador***

A continuación, se realiza una comparación de como aumentan los valores de potencia activa al insertar las estaciones de carga rápida.

**Tabla 20***Incremento de la potencia activa en tramos con alta demanda energética.*

<b>Nombre del tramo</b>	<b>Potencia total de paso sin VE (kW)</b>	<b>Potencia total de paso con VE (kW)</b>	<b>Incremento de potencia activa (%)</b>
20198_MTA-1	3826	4288	12,08
20197_MTA-1	3826	4289	12,08
20194_MTA-1	3845	4307	12,03
20195_MTA-1	3802	4264	12,14
20378_MTA-1	3803	4264	12,14
20199_MTA-1	3823	4285	12,08
20207_MTA-1	3577	4037	12,85
33482_MTA-1	3578	4037	12,85
33481_MTA-1	3626	4086	12,68
20206_MTA-1	3672	4132	12,53
20284_MTA-1	3672	4132	12,53
20204_MTA-1	3673	4133	12,53
20203_MTA-1	3696	4157	12,46
20282_MTA-1	3697	4157	12,46
20202_MTA-1	3717	4178	12,40
20283_MTA-1	3754	4216	12,28
20200_MTA-1	3755	4217	12,28
20201_MTA-1	3771	4233	12,24
20603_MTA-1	3464	3924	13,26
485362_MTA-1	3465	3924	13,26
485361_MTA-1	3465	3925	13,26
20216_MTA-1	3421	3727	8,96
20288_MTA-1	3421	3728	8,96
20214_MTA-1	3422	3728	8,96
37327_MTA-1	3292	3598	9,30
476532_MTA-1	3292	3598	9,30
476531_MTA-1	3293	3599	9,30
33485_MTA-1	3293	3599	9,30
20608_MTA-1	3293	3599	9,30
20613_MTA-1	3222	3528	9,49
33795_MTA-1	3223	3529	9,49
37328_MTA-1	3229	3536	9,48

**FUENTE:** CYMDIST**ELABORADO POR:** BYRON RENDÓN

En la tabla 20 se presenta una comparación sobre el aumento de la potencia activa al incluir estaciones de carga rápida, el impacto de la carga de vehículos eléctricos en los diferentes tramos es evidente, con incrementos en la potencia activa que van desde aproximadamente 8.96% hasta 13.26%. En general, la infraestructura está experimentando un incremento de demanda cercano al 11% debido a la incorporación de vehículos eléctricos, cabe mencionar este aumento es únicamente en los tramos donde se registraba mayor cargabilidad mencionada en la tabla 20. En estos tramos se presenta un mayor aumento de potencia debido a que son tramos cercanos a donde se instalaron los puntos de carga rápida.

**Tabla 21***Incremento de la potencia activa en tramos con demanda energética media-alta.*

Nombre del tramo	Potencia total de paso sin VE (kW)	Potencia total de paso con VE (kW)	Incremento de potencia activa (%)
20193_MTA-1	3907	4370	11,85
20184_MTA-1	3908	4371	11,85
20192_MTA-1	3929	4392	11,79
20191_MTA-1	3946	4409	11,75
20183_MTA-1	4002	4466	11,59
20180_MTA-1	4006	4470	11,58
20186_MTA-1	4007	4471	11,59
20178_MTA-1	4059	4523	11,44
20177_MTA-1	4060	4524	11,45
20185_MTA-1	4060	4525	11,45
20181_MTA-1	4061	4526	11,45
20555_MTA-1	4061	4526	11,45
20182_MTA-1	4061	4527	11,45
20660_MTA-1	4061	4527	11,45
20190_MTA-1	3881	4344	11,92
20297_MTA-1	2969	3889	30,96
20314_MTA-1	2962	3889	31,30
20312_MTA-1	2963	3275	10,53
20287_MTA-1	3268	3430	4,95
20213_MTA-1	3269	3430	4,93
20317_MTA-1	2702	3008	11,30
20551_MTA-1	2702	3008	11,30
478949_MTA-1	2589	2742	5,91
124141_MTA-1	2589	2742	5,91
478950_MTA-1	2583	2736	5,92
354759_MTA-1	2577	2730	5,93
456228_MTA-1	2578	2730	5,93
478952_MTA-1	2534	2686	6,03
478951_MTA-1	2534	2687	6,03

**FUENTE:** CYMDIST**ELABORADO POR:** BYRON RENDÓN

En la tabla 21, se observa una mayor variabilidad en los incrementos de potencia activa (%) en comparación con la tabla anterior. Los tramos 20297\_MTA-1 (30.96%) y 20314\_MTA-1 (31.30%) presentan los mayores incrementos, estos tramos son muy cercanos a la ubicación de una de las electrolineras que está ubicada en la estación PETROLRIOS "Miguel Ángel 2", posiblemente debido a una menor capacidad base o una mayor concentración de carga adicional. En la mayoría de los tramos, el incremento se mantiene alrededor del 11-12%, algunas áreas experimentan solo un 5-6% de incremento, lo que puede indicar que la infraestructura existente puede manejar mejor la carga adicional.

**Tabla 22***Incremento de la potencia activa en tramos con demanda energética media.*

Nombre del tramo	Potencia total de paso sin VE (kW)	Potencia total de paso con VE (kW)	Incremento de potencia activa (%)
292710_MTA-1	2469	2622	6,18
183388_MTA-1	2467	2620	6,18
183387_MTA-1	2467	2620	6,18
501315_MTA-1	2427	2579	6,28
434043_MTA-1	2427	2580	6,28
434034_MTA-1	2433	2585	6,27
447950_MTA-1	2433	2585	6,27
447949_MTA-1	2457	2610	6,21
20281_MTA-1	1943	1943	0,00
20429_MTA-1	1953	1953	0,00
33711_MTA-1	1923	1923	0,00
33713_MTA-1	1859	2285	22,93
271521_MTA-1	1808	2285	26,42
234307_MTA-1	1808	2253	24,60
33717_MTA-1	1839	2253	22,49
33714_MTA-1	1839	1859	1,07
501422_MTA-1	1808	2133	17,99
501421_MTA-1	1808	2133	17,98
501411_MTA-1	1839	2100	14,20
501420_MTA-1	1839	2100	14,20

**FUENTE:** CYMDIST**ELABORADO POR:** BYRON RENDÓN

La tabla 22, se observa que los incrementos de potencia activa varían significativamente entre los tramos, con algunos mostrando incrementos al 0%, mientras que otros alcanzan hasta 26,42%. Esto sugiere que la distribución del impacto de los vehículos eléctricos (VE) no es uniforme en toda la red. Tramos con 0% de incremento en potencia activa no presentan aumento de demanda, por lo que las pérdidas deben mantenerse constantes.

En los tramos con mayor aumento de potencia por ej. 26,42% en 271521\_MTA-1, es probable que las pérdidas hayan aumentado cerca del +58% y en los tramos con 6% de incremento en potencia activa, el aumento de pérdidas puede rondar 12,6%.

Esto explica por qué los valores de pérdidas de potencia crecen más rápido que los incrementos de potencia activa. Las pérdidas de potencia aumentan más que la potencia activa porque dependen del cuadrado de la corriente.

**Tabla 23***Incremento de la potencia activa en tramos con demanda energética baja*

Nombre del tramo	Potencia total de paso sin VE (kW)	Potencia total de paso con VE (kW)	Incremento de potencia activa (%)
501412_MTA-1	1953	1953	0
20994_MTA-1	971	1189	22,4882379
20259_MTA-1	1189	1189	0
20641_MTA-1	1189	1189	0
478898_MTA-1	1189	1189	0
478897_MTA-1	1189	1189	0,00301096
20703_MTA-1	1189	1189	0
478900_MTA-1	1189	1189	0
33722_MTA-1	1033	1040	0,70965006
33721_MTA-1	1040	1074	3,24398076
20564_MTA-1	1074	1074	0
488713_MTA-1	1004	1004	0
488714_MTA-1	973	1003	3,05251543
33724_MTA-1	965	973	0,86301829
20995_MTA-1	965	973	0,81849607
393056_MTA-1	859	859	0
393055_MTA-1	859	869	1,0964069
393054_MTA-1	869	869	0
393053_MTA-1	869	869	0
33727_MTA-1	869	871	0,27564393
33725_MTA-1	871	936	7,38430819
20996_MTA-1	936	936	0

**FUENTE:** CYMDIST**ELABORADO POR:** BYRON RENDÓN

Varios de los datos de la tabla 23 se observa 0% esto indica que no existe aumento en la demanda de potencia y en los demás tramos el aumento de la cargabilidad es relativamente bajo, esto se debe a que varios de los tramos de la tabla se encuentran en el centro de la ciudad donde no se ubicó ninguna electrolinera por ende no se hallan aumentos significativos, las variaciones altas se dan en tramos cercanos a las estaciones de carga rápida.

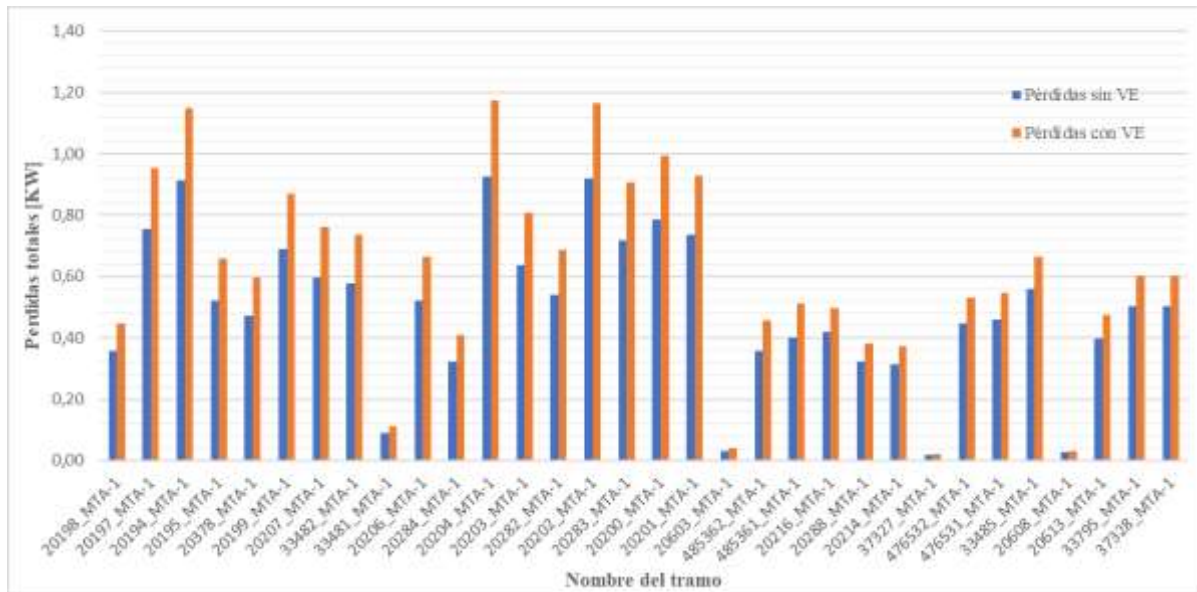
El tramo 20994\_MTA-1 es el tramo con mayor impacto debido a los VE, este tipo de incremento puede llevar a mayores pérdidas eléctricas y posiblemente requerir refuerzo en la infraestructura.

#### **4.3.2. Análisis de las pérdidas de potencia en los tramos del alimentador**

A continuación, en la figura 24, figura 25, figura 26, figura 27 se muestra como los valores de pérdidas en el alimentador aumentan relativamente con la inclusión de estaciones de carga rápida. Las tablas de las pérdidas en el alimentador se presentan en los anexos 5,6,7,8.

**Figura 24**

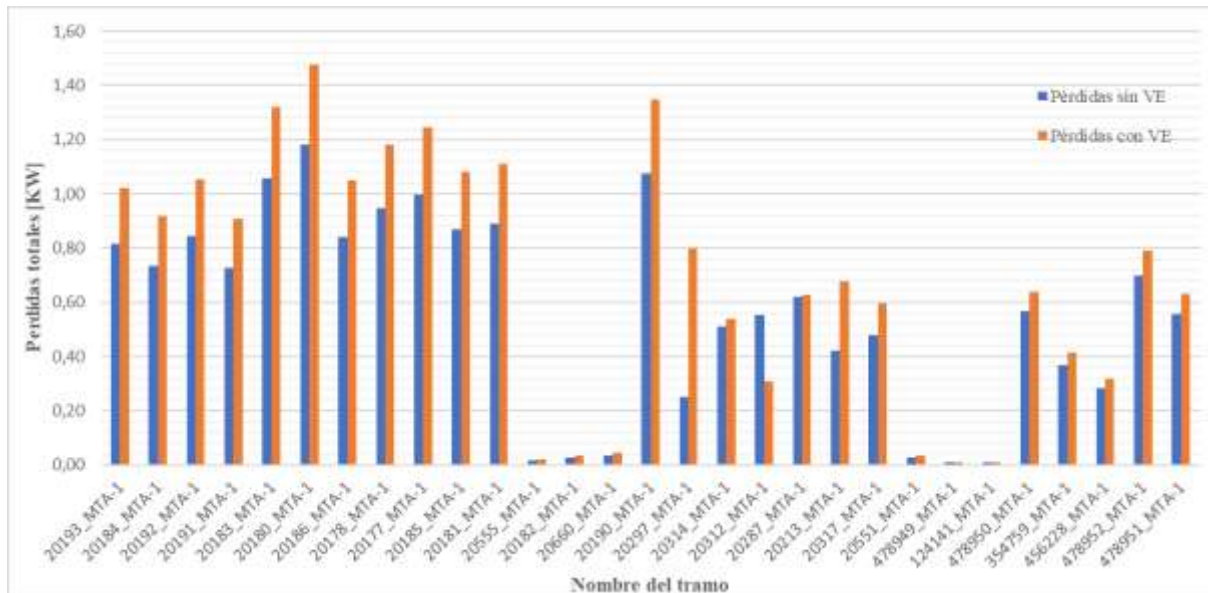
*Pérdidas de potencia con la inclusión de 3 electrolineras en tramos con alta demanda energética*



*Nota.* La figura 24 muestra como aumentan las pérdidas en el alimentador en los tramos de mayor cargabilidad.

**Figura 25**

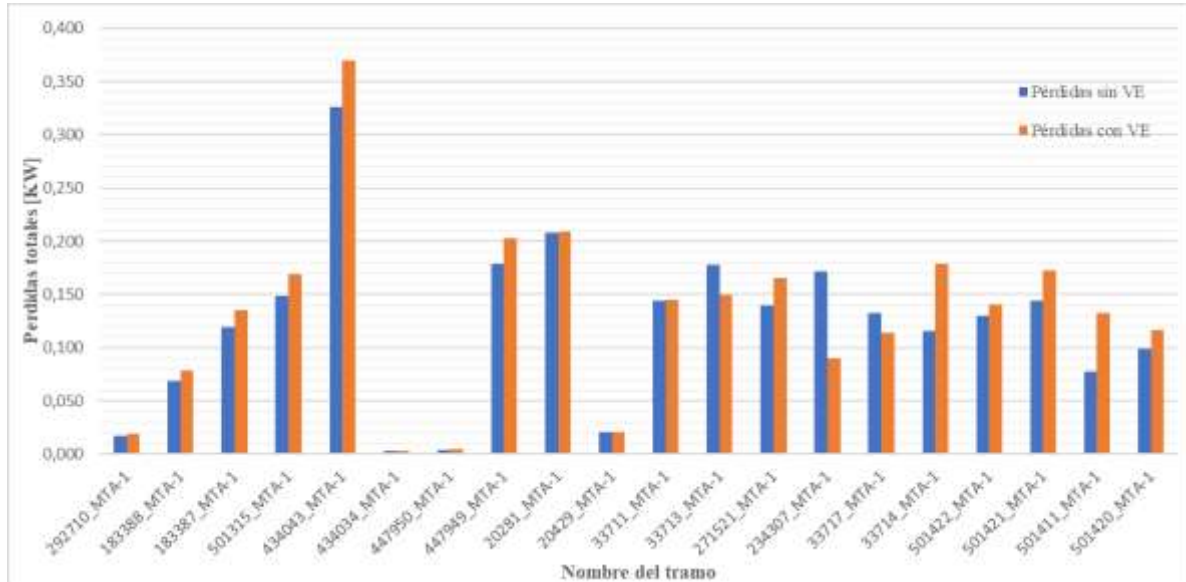
*Pérdidas de potencia con la inclusión de 3 electrolineras en tramos con demanda energética media-alta*



*Nota.* La figura 25 muestra como aumentan las pérdidas en el alimentador en los tramos con cargabilidad moderada.

**Figura 26**

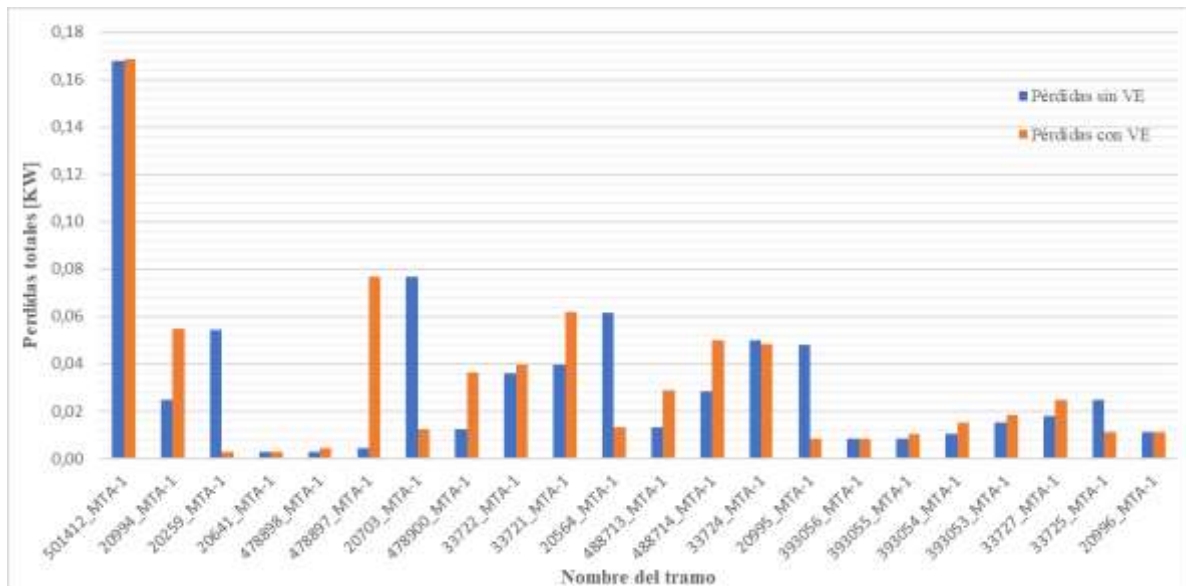
*Pérdidas de potencia con la inclusión de 3 electrolineras en tramos con demanda energética media*



*Nota.* La figura 26 muestra como aumentan las pérdidas en el alimentador en los tramos con cargabilidad media.

**Figura 27**

*Pérdidas de potencia con la inclusión de 3 electrolineras en tramos con demanda energética baja*



*Nota.* La figura 27 muestra como aumentan las pérdidas en el alimentador en los tramos con cargabilidad baja.

Como podemos observar en las gráficas es evidente el aumento de pérdidas en el alimentador al incluir estas electrolineras, no todos los tramos experimentan el mismo incremento de pérdidas, lo que sugiere que algunos sectores de la red son más sensibles a la integración de VE, sobretodo aquellos tramos que son cercanos a las ubicaciones de las estaciones de carga.

El incremento de pérdidas con VE se debe a un aumento de la corriente circulante en los conductores debido a la carga adicional, lo que incrementa las pérdidas por efecto Joule:

$$P_{p\acute{e}rdidas} = I^2 * R \quad \text{Ecuación 6}$$

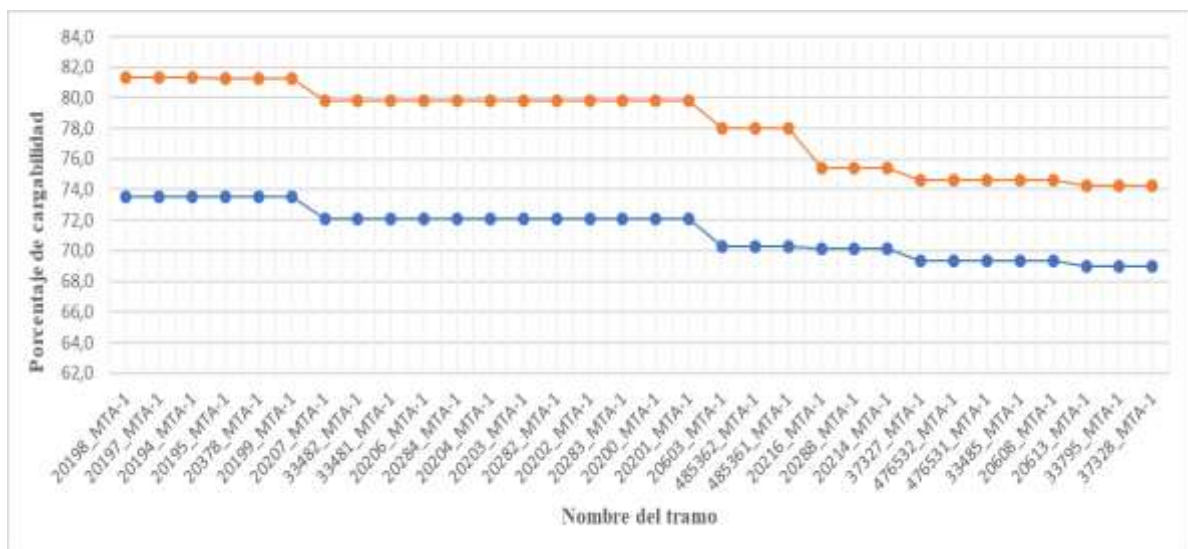
La ubicación de los puntos de carga de VE, están relativamente alejados del centro de carga, lo cual genera mayores pérdidas, mientras que algunos tramos muestran incrementos moderados, otros presentan aumentos significativos en las pérdidas de potencia. En general las pérdidas en los tramos del alimentador no representan una inseguridad en la red, puesto que las variaciones o incremento de pérdidas no comprometen de manera crítica al estado de la red ni a sus componentes con la inclusión de las electrolineras.

#### 4.3.3. Análisis de la cargabilidad en los tramos del alimentador

A continuación, en la figura 28, figura 29, figura 30, figura 31 se muestra como los valores de cargabilidad en el alimentador aumentan relativamente con la inclusión de estaciones de carga rápida.

**Figura 28**

*Curva de cargabilidad de los conductores entre el 65% al 100% con 3 electrolineras*



*Nota.* En la figura 28 se detallan los tramos con mayor aumento de cargabilidad.





En la figura 29 la cargabilidad varía entre 40% y 70%, donde observamos que el tramo 20660\_MTA-1, el principal del alimentador o más cercano a la fuente, aumento su cargabilidad del 60,7% al 66,9% manteniéndose en un rango moderado, sin embargo, se deben tener precauciones a un posible riesgo de sobrecarga en algunos puntos de la red. A medida que avanzan los tramos, hay una ligera caída como se observa en la figura 30, lo que está vinculado a la distancia respecto a la subestación y a una reducción de la demanda en esos tramos del alimentador. Mientras que en la figura 31 muestra resultados de tramos en los cuales la cargabilidad no aumento debido a que varios de ellos se encuentran en el centro de la ciudad donde no se encuentra ubicada ninguna electrolinera, el impacto de las estaciones de carga rápida no es homogéneo en toda la red, por lo que sería recomendable un análisis de refuerzos o repotenciación en los tramos con mayor afectación y aumento de cargabilidad.

#### **4.3.4. Análisis de armónicos**

A continuación, se presentan la comparación de los niveles de distorsión armónica en las tres fases del alimentador San José Sur antes y después de la integración de estaciones de carga rápida.

**Tabla 24**  
*Distorsión de armónicos por fase con 3 electrolineras*

<b>Armónicos (%)</b>	<b>Fase A</b>	<b>Fase B</b>	<b>Fase C</b>	<b>ARCERNNR 002/20</b>
Sin electrolineras	0,0018	0,0017	0,0018	SI CUMPLE
Con electrolineras	0,03	0,03	0,03	SI CUMPLE
Total	0,0318	0,0317	0,0318	SI CUMPLE

**FUENTE:** CYMDIST

#### **ELABORADO POR:** BYRON RENDÓN

La integración de estaciones de carga rápida en el alimentador San José Sur no representa un problema en términos de distorsión armónica, ya que los valores obtenidos siguen estando muy por debajo de los límites normativos. Esto indica que la infraestructura eléctrica es capaz de soportar la carga adicional sin comprometer la calidad de energía en lo que respecta a armónicos.

Los valores de distorsión armónica son extremadamente bajos e indica que el sistema en su estado actual tiene una distorsión mínima, lo que sugiere una red bien equilibrada y con baja

contaminación armónica. Se observa un aumento en los niveles de armónicos, alcanzando un 0,03 % en cada fase, aunque hay un incremento respecto al caso sin electrolineras, estos valores siguen siendo bastante bajos en comparación con los límites normativos. Esto sugiere que los cargadores utilizados tienen un diseño adecuado con filtros o tecnología de mitigación de armónicos.

#### 4.4. Estado actual del alimentador con electrolineras

A continuación, en la tabla 25 se examina cómo ha evolucionado el estado del alimentador tras la incorporación de 3 electrolineras. Además de realizar una comparación en caso de integrarse 2 o 1 electrolinera e indicar el mejor de los casos.

**Tabla 25**  
*Estado actual del alimentador con electrolineras*

	<b>Carga total</b>		
	<b>kVA</b>	<b>kW</b>	<b>FP (%)</b>
Actual sin electrolineras	4187,44	4061,40	96,99
Con 1 electrolineras	4354,36	4216,91	96,84
Con 2 electrolineras	4520,70	4372,00	96,71
Con 3 electrolineras	4686,25	4526,57	96,59
	<b>Pérdidas totales</b>		
	<b>kVA</b>	<b>kW</b>	<b>FP (%)</b>
Actual sin electrolineras	214,54	101,07	47,11
Con 1 electrolineras	231,63	106,59	46,02
Con 2 electrolineras	247,49	111,69	45,13
Con 3 electrolineras	261,72	116,26	44,42

**FUENTE:** CYMDIST

#### **ELABORADO POR:** BYRON RENDÓN

A medida que se agregan electrolineras, se observa un incremento progresivo en la carga total del alimentador. El alimentador maneja una carga de 4187,44 kVA con un factor de potencia del 96,99%. Al integrar las 3 electrolineras, la carga aumenta a 4686,25 kVA, reduciendo el FP a 96,59%. Con una integración de 2 electrolineras, la carga aumenta a 4520,70kVA, con un FP de 96,71%. Las pérdidas de energía, que actualmente se presentan son de 214,54kVA, se incrementan significativamente con la presencia de 3 electrolineras, alcanzando 261,72kVA lo que conlleva un incremento del 22% y 247,49 kVA al integrarse 2

electrolineras. Con una integración 1 electrolineras, la carga total alcanza los 4354,36 kVA, mientras que el factor de potencia disminuye 96,84%. Las pérdidas totales son de 231,63kVA, con un factor de potencia de 46,02%. En todos los escenarios se muestra un aumento en la carga y las pérdidas, pero sin comprometer gravemente el factor de potencia.

Aunque existe un aumento en las pérdidas y una leve disminución en el FP, el alimentador aún opera en condiciones adecuadas. Sin embargo, si la cantidad de electrolineras sigue creciendo, podrían ser necesarias estrategias de mitigación como compensación de potencia reactiva o mejoras en la infraestructura del alimentador. El mejor de los casos sería la integración de 1 electrolinera pues también debemos considerar la cargabilidad de las líneas y como se presentó en las gráficas al tener muchas electrolineras en ciertos tramos su cargabilidad supero el 80% lo cual no es óptimo para la red, esto reduce la eficiencia, incrementa pérdidas, genera sobrecalentamiento y compromete la calidad del servicio eléctrico.

#### **4.4.1. Análisis del crecimiento de carga en el alimentador**

Para calcular el incremento anual en el crecimiento de la carga eléctrica, se tomaron como referencia los valores históricos de la demanda energética anual en el alimentador San José Sur, datos proporcionados por la CNEL. La ecuación utilizada permite determinar la tasa de crecimiento anual en la demanda energética.

$$CAGR = \left( \left( \frac{\text{carga final}}{\text{carga inicial}} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right) * 100 \quad \text{Ecuación 7}$$

Utilizando el software CYMDIST se evalúa el crecimiento de carga hasta el año 2030 además se utiliza la fórmula de crecimiento compuesto para administrar los datos en Excel.

$$\text{Carga proyectada}_{2030} = \text{Carga actual} * (1 + CAGR)^{\text{años}} \quad \text{Ecuación 8}$$

**Tabla 26**  
*Demanda energética anual del alimentador.*

<b>Año</b>	<b>Demanda energética (MWh)</b>
2021	1762,17
2022	1811,24
2023	1865,1
2024	1985,72

**FUENTE:** CNEL EP

**ELABORADO POR:** BYRON RENDÓN

A continuación, en la tabla 27 se presenta la comparativa de la proyección de carga del alimentador San José Sur hasta el año 2030 y la evolución del estado del alimentador tras la incorporación de las electrolineras.

**Tabla 27**  
*Análisis del crecimiento de carga del alimentador con electrolineras*

<b>Carga total</b>			
<b>Sin crecimiento</b>	<b>kVA</b>	<b>kW</b>	<b>FP (%)</b>
1 electrolineras	4354,36	4216,91	96,84
2 electrolineras	4520,70	4372,00	96,71
3 electrolineras	4686,25	4526,57	96,59
<b>Con crecimiento</b>			
1 electrolineras	5125,5	5035,21	96,59
2 electrolineras	5382,33	5220,39	96,30
3 electrolineras	5585,32	5404,97	96,13
<b>Pérdidas totales</b>			
<b>Sin crecimiento</b>	<b>kVA</b>	<b>kW</b>	<b>FP (%)</b>
Con 1 electrolineras	231,63	106,59	46,02
Con 2 electrolineras	247,49	111,69	45,13
Con 3 electrolineras	261,72	116,26	44,42
<b>Con crecimiento</b>			
1 electrolineras	276,58	127,27	44,96
2 electrolineras	295,51	126,87	42,93
3 electrolineras	312,49	138,81	42,07

**FUENTE:** CYMDIST

**ELABORADO POR:** BYRON RENDÓN

En la tabla 27 se evidencia un incremento significativo tanto en la potencia aparente (kVA) como en la potencia activa (kW). En el escenario sin considerar crecimiento, la carga total con tres electrolineras asciende a 4686,25 kVA y 4526,57 kW. Sin embargo, al incorporar el crecimiento proyectado hasta el año 2030, estas cifras se elevan a 5585,32 kVA y 5404,97 kW, lo que representa un aumento de aproximadamente 19,19% en kVA y 19,38% en kW.

La carga total con 2 electrolineras es 4520,70 KVA y 4372,00 kW y al realizar la proyección existe un incremento del 19,06% y 19,41% respectivamente, mientras que al tener una sola electrolinera el incremento fue de 17,71% y 19,37%.

Este crecimiento es el resultado de la expansión natural de la demanda energética en la zona, y por otro, la considerable carga adicional que introducen las estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos al operar con potencias elevadas durante varias horas al día, añaden una carga constante y significativa al sistema eléctrico.

#### **4.5. Implicaciones del aumento de la demanda en la planificación eléctrica**

La integración masiva de electrolineras en los sistemas eléctricos modernos representa un punto de inflexión para la planificación energética, combinando desafíos técnicos, económicos y regulatorios. En contextos urbanos densos, las electrolineras rápidas ( $\geq 150$  kW) pueden incrementar la carga local hasta 21% en circuitos de distribución, como demuestra el caso del circuito Olímpica en Ecuador, donde la demanda media tensión crecerá 0.42 MW para 2030 [66].

Ciertos estudios dinámicos demuestran que la carga simultánea de  $\geq 50$  VE en una misma subestación puede causar: caídas de voltaje del 8-12%, distorsión armónica total (THD) superior al 5%, desbalance de fases del 15% [67].

#### **4.6. Análisis económico**

Los costos pueden variar según la capacidad de carga rápida (potencia de los cargadores), la integración con sistemas solares, el tipo de controlador de carga utilizado y el espacio disponible para la instalación. En Ecuador, factores como la importación de equipos, infraestructura eléctrica local y normativas pueden influir en el costo final. El sistema de energía solar + batería como respaldo puede aumentar el costo en un 20–40%.

**Tabla 28**  
*Costos generales de componentes de una electrolinera*

<b>Componente</b>	<b>Rango estimado (USD)</b>	<b>Descripción</b>
Cargador rápido	\$20.000 – \$60.000	Depende de la potencia (50–150 kW) y marca.
Obra civil (instalación, cimentación)	\$5.000 – \$15.000	Excavación, bases, canalizaciones.
Infraestructura eléctrica	\$10.000 – \$30.000	Transformadores, tablero, protecciones.
Conexión a red (interconexión)	\$5.000 – \$20.000	Costo de acometida, permisos y refuerzos.
Sistema de control y facturación	\$3.000 – \$10.000	Medidores, pantallas, software.
Costos administrativos y permisos	\$2.000 – \$5.000	Estudios, licencias, trámites.
Sistema de gestión y monitoreo	\$1.000 – \$3.000	Plataforma en la nube, mantenimiento remoto.
Total, aproximado por estación	\$45.000 – \$140.000	

**FUENTE:** EXCEL

**ELABORADO POR:** BYRON RENDÓN

Un caso ejemplo de los costos detallados de implementación de una electrolinera es en la ciudad de Guayaquil, un estudio realizado por [68] donde manifiesta tanto los costos eléctricos y obra civil. Se consideran activos fijos necesarios para este negocio las instalaciones y facilidades eléctricas para el funcionamiento de los puntos de carga, la obra civil que es necesario construir dentro de la estación de servicio para poder acoplar y readecuar de buena manera las facilidades eléctricas.

La instalación de electrolineras se proyecta como una inversión estratégica en el mediano y largo plazo. Su implementación impulsa la transición energética, mejora la cobertura de infraestructura para vehículos eléctricos y genera un valor agregado en términos de sostenibilidad y reducción de emisiones.

**Tabla 29**  
*Costos detallados de equipos eléctricos*

<b>Equipos eléctricos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario (\$)</b>	<b>Valor total (\$)</b>
Transformador tipo pedestal (13,8kv/220v) 300 kVA	1	19.364,31	19.364,31
Transformador tipo seco (220v/440v) 175 kVA	1	6044,6	6044,6
Dispensador 150 kW Caga rápida	1	74031,88	74031,88
Alimentador principal 220 V (3#250 MCM+N#250 MCM+T#4/0 AWG)	1	133,72	133,72
Alimentador principal 440 V (3#2/0 MCM+N#2/0 MCM+T#1/0 AWG)	1	69	69
Alimentador de dispensador 440 V (3#2 MCM+N#2 MCM+T#4 AWG)	1	33,37	33,37
Tablero distribución de 440 V 1 disyuntor 3P-250 A y 2 disyuntores 3P-100A barra y accesorios	1	1660,83	1660,83
<b>Subtotal</b>			101.337,71
<b>IVA</b>			15200,65
<b>Total</b>			116538,35

**FUENTE:** CALLE, M & CARRERA, W; DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE ELECTROLINERAS EN ESTACIONES DE SERVICIO DE UNA COMERCIALIZADORA DE COMBUSTIBLE EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL, 2024

**ELABORADO POR:** BYRON RENDÓN

Varios de estos valores pueden variar según el tipo de marca de los equipos eléctricos, así como el transporte de estos mismos, el tiempo de llegada, y aprobación de proyecto. Varias de las electrolinerías del país cuentan con un costo de inversión muy similar, la variación que existe dependerá la contratación de la empresa, manejo de materiales y costo de mano de obra. Así también como la capacidad de las electrolinerías y cuantos puntos de carga se requiera.

**Tabla 30**  
Costos detallados de obra civil

Implementación	Cantidad	Valor Unitario (\$)	Valor total (\$)
Montaje Transformador tipo pedestal (13,8 KV/220V) 300 KVA	1	\$935,47	\$935,47
Montaje Transformador tipo seco (220 V/440V) 175 KVA	1	460,54	460,54
Montaje Dispensador 150 KW Carga Rápida	1	719,6	719,6
Zanja para ubicación dispensador	1	909,86	909,86
Readecuación de tablero disyuntor 3P-900 A y barraje recableado de medidores	1	3203,64	3203,64
<b>Subtotal</b>			\$6.229,11
<b>IVA</b>			934,37
<b>Total</b>			7163,47

**FUENTE:** CALLE, M & CARRERA, W; DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE ELECTROLINERAS EN ESTACIONES DE SERVICIO DE UNA COMERCIALIZADORA DE COMBUSTIBLE EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL, 2024

**ELABORADO POR:** BYRON RENDÓN

En ciudades con alto costo de vida o zonas remotas, los valores pueden variar, si se instalan varias estaciones en un mismo sitio, algunos costos como supervisión o configuración pueden repartirse y reducirse por unidad.

#### **4.7. Beneficios en la demanda energética de las estaciones de carga rápida**

A pesar de los retos técnicos mencionados anteriormente, la implementación de estaciones de carga rápida en un sistema de distribución también puede traer beneficios operativos, si se gestiona adecuadamente. A continuación, se presentan los principales beneficios:

##### **4.7.1. Mejor gestión de la demanda energética**

Las estaciones de carga rápida pueden programarse para operar en horarios de baja demanda, reduciendo el impacto en la red, con una gestión adecuada, podrían aprovechar excedentes energéticos en horarios de menor consumo, evitando congestión en los picos de demanda.

Los sistemas de gestión de recarga como EVcharge permiten: reducción del 22-35% en picos de demanda mediante desplazamiento horario a periodos valle, aplanamiento de la curva de carga con algoritmos que distribuyen potencia entre vehículos ( $\pm 15\%$  variación horaria),

acoplamiento con generación renovable, sincronizando el 68-73% de la carga con producción solar/eólica [69].

#### **4.7.2. Posible mejora del factor de carga del alimentador**

La incorporación de VE de forma controlada puede hacer que la demanda eléctrica sea más estable, reduciendo variaciones bruscas en la carga, un mejor factor de carga implica una mayor utilización de la capacidad instalada, optimizando la infraestructura existente. Se puede reducir el desperdicio energético en horas de baja demanda, mejorando el rendimiento del sistema.

#### **4.7.3. Impulso a la infraestructura y expansión de la red**

La creciente demanda impulsada por la carga de vehículos eléctricos puede acelerar la modernización y digitalización de la red, promoviendo: Actualización de transformadores y líneas para mejorar la capacidad de suministro. Implementación de medidores inteligentes para monitorear en tiempo real el consumo y prevenir sobrecargas. Integración con almacenamiento de energía para optimizar el uso de la red durante los picos de carga.

#### **4.7.4. Integración con Energías Renovables**

Si las estaciones de carga rápida se combinan con energía renovable, se puede reducir la dependencia de fuentes fósiles y evitar sobrecargas en líneas de transmisión. Autoconsumo solar in situ cubre el 40-60% de demanda diurna [69], almacenamiento intermedio con baterías de 2-4 MWh amortigua variabilidad, hidrógeno verde como respaldo nocturno (7-12% mix energético).

#### **4.7.5. Casos de estudio**

##### **4.7.5.1 Cubierta Fotovoltaica en la ETSII-UPM (Madrid, España).**

El proyecto de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (ETSII-UPM) integra una instalación fotovoltaica de 330 kW en una cubierta deportiva con superficie curvada y 30 electrolineras solares con 150 kW cada una. La estructura incluye 498,93 MWh/año de generación eléctrica [70], destinando:

- 50% al autoconsumo de las instalaciones universitarias.
- 50% a la recarga de vehículos eléctricos, con puntos de carga gestionados mediante un sistema inteligente

Los beneficios ambientales que genera son: reducción de 124 toneladas de CO<sub>2</sub>/año (equivalente a 5.000 árboles maduros). Además, reducción del 40% en demanda pico (2.1 MW → 1.26 MW) [70], [71].

#### ***4.7.5.2 Electrolineras Solares en Quito (Estudio UPS).***

El estudio de la Universidad Politécnica Salesiana (UPS) propone 6 bahías de carga con:

- Gestión predictiva: Algoritmos que priorizan la carga nocturna con excedentes diurnos almacenados en baterías de iones de litio (150 kWh).
- Integración solar: 85% de la energía procedente de paneles bifaciales de 450 W, con seguimiento solar de 1 eje.

Estos casos demuestran que la electrificación del transporte, combinada con generación renovable in situ, no solo es técnicamente viable sino también económicamente competitiva cuando se diseña con criterios de eficiencia y adaptación local [69], [72].

**CAPÍTULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1. Conclusiones

El análisis del alimentador San José Sur en el contexto de la integración de estaciones de carga rápida ha permitido evaluar el impacto de los vehículos eléctricos (VE) en la red de distribución. A través del análisis de los parámetros de calidad del servicio, se ha determinado que, aunque el sistema cumple con la normativa la adición de carga proveniente de electrolineras incrementa la demanda energética y las pérdidas en el sistema. La carga total del alimentador San José Sur es de 4187,44 kVA y el factor de potencia 96,99% lo cual indica una alta eficiencia en el uso de la energía eléctrica, la eficiencia del sistema es del 97,51%, lo cual indica que el sistema es altamente eficiente. Una cantidad significativa de transformadores funcionan con una capacidad de carga elevada, entre el 65 % y el 100 % y algunos se acercan a su capacidad máxima, de igual manera ocurre lo mismo con los conductores de media tensión del alimentador, el tramo 20660\_MTA-1 es el más cercano a la subestación y tiene una cargabilidad del 60,7%, sin embargo, existen otros tramos que incluso superan ese nivel de cargabilidad debido al calibre del conductor menor y sus cargas concentradas conectadas.

Mediante los datos proporcionados por CNEL EP se obtuvo que, los niveles de tensión máximos mensuales del alimentador cumplen con el reglamento ARCERNNR 002/20, lo que indica que los niveles de tensión están dentro de los límites permitidos  $\pm 6\%$ , mientras que en los niveles de tensión mínimo existe una subtensión en el mes de noviembre del 2023 que excede el límite permitido en 12,65% el porcentaje que sobrepasa es un poco tolerado porque sucedió alrededor de 10min o menos, por lo tanto, es casi despreciable en la red de media tensión. En el análisis de distorsión de armónicos mediante el programa CYMDIST se obtuvo como resultado un bajo nivel de armónicos de voltaje en el alimentador aproximadamente 0,001% el cual es un valor insignificante para la onda sinusoidal.

Los resultados obtenidos muestran que la instalación de estaciones de carga rápida aumenta significativamente la potencia activa demandada en los diferentes tramos del alimentador. Este incremento genera un mayor flujo de corriente en los conductores, lo que conlleva un aumento de las pérdidas eléctricas y un ligero deterioro del factor de potencia. No obstante, la eficiencia del sistema sigue siendo aceptable y dentro de los límites establecidos por la normativa. En el caso de integrar las 3 electrolineras, la carga aumenta a 4686,25 kVA, reduciendo el FP a 96,59%. Con una integración de 2 electrolineras, la carga aumenta 4520,70kVA, con un FP de 96,71%. Con una integración 1 electrolineras, la carga total

alcanza los 4354,36 kVA, mientras que el factor de potencia disminuye 96,84%. Las pérdidas de energía, que actualmente se presentan son de 214,54kVA, se incrementan significativamente con la presencia de 3 electrolineras, alcanzando 261,72kVA lo que conlleva un incremento del 22% y 247,49 kVA al integrarse 2 electrolineras, mientras que al tener 1 electrolinera las pérdidas totales son de 231,63kVA. De estos tres casos presentados el modelo más óptimo para el alimentador es la integración de 1 electrolinera pues debemos considerar la cargabilidad de las líneas y como se presentó en las gráficas al tener muchas electrolineras en ciertos tramos su cargabilidad supero el 80%, aunque la carga en los tramos del alimentador es mayor con la incorporación de electrolineras, el sistema actual mantiene una capacidad suficiente para manejarla eficazmente.

Las proyecciones de carga para el alimentador San José Sur revela un crecimiento progresivo y sostenido en la demanda energética hasta el año 2030, impulsado principalmente por la integración de estaciones de carga rápida y una tasa de crecimiento anual del 3%. A partir de una carga base de 4686,25 kVA y 4526,57 kW, se estima que para el año 2030 la carga total alcanzará aproximadamente 5585,32 kVA y 5404,97 kW, representando un aumento superior al 19% en ambos parámetros. Las proyecciones también evidencian una reducción gradual del factor de potencia, lo cual podría acentuar los efectos de la carga reactiva si no se implementan medidas correctivas como compensación con bancos de capacitores. El aumento de las pérdidas eléctricas en proporción al crecimiento de la carga refuerza la necesidad de reforzar la infraestructura de distribución, tanto en capacidad de transformación como en secciones de conductores y sistemas de protección.

## **5.2. Recomendaciones**

Se recomienda la implementación de sistemas de monitoreo en tiempo real que permitan evaluar el impacto de las estaciones de carga rápida sobre la calidad del servicio eléctrico. Además, es conveniente establecer estrategias de carga escalonada o programada con el objetivo de distribuir mejor la demanda, evitar picos de consumo y reducir las pérdidas de potencia que afectan la eficiencia de la red. Realizar un análisis detallado de los tramos con mayor incremento de carga, con el fin de evaluar la necesidad de refuerzos en la red. En particular, es importante considerar la actualización de conductores y transformadores en aquellos sectores donde la cargabilidad supera el 80%, ya que esto permitirá reducir riesgos de sobrecarga y mejorar la estabilidad operativa del alimentador.

El cumplimiento de las normativas es otro aspecto fundamental para asegurar la calidad del servicio eléctrico. Se recomienda mantener un control riguroso del THD para evitar problemas de distorsión en la red, así como asegurar que la infraestructura cumpla con los límites establecidos por la normativa en lo referente a tensión y calidad de la energía. Además, es conveniente establecer estrategias de carga escalonada o programada con el objetivo de distribuir mejor la demanda, evitar picos de consumo y reducir las pérdidas de potencia que afectan la eficiencia de la red.

**CAPÍTULO VI**  
**BIBLIOGRAFÍA**

- [1] I. Aramendia, J. A. Ramos-Hernanz, D. Teso-Fz-Betoño, M. Erauzquin, A. Irazabal, and J. M. Lopez-Guede, “Gestión inteligente de recarga del vehículo eléctrico con materiales económicos,” *Jornadas de Automática*, 2024, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:271650941>
- [2] A. G. C. Medina, E. F. L. Espinel, G. V. P. Silva, and J. A. R. Buenaño, “Examen de la transición hacia la movilidad eléctrica: impacto de la infraestructura de carga en la adopción de vehículos eléctricos enchufables.,” *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2024, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:266736513>
- [3] A. M. Vega, J. A. C. Rivera, and A. S. F. Aragón, “Diseño de una red de estaciones de servicio para recarga de vehículos eléctricos (electrolineras) usando un sistema de energía fotovoltaica en los llanos orientales,” *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería*, 2022, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:256256442>
- [4] L. D. R. D. L. A. Salinas, J. A. G. Cedeño, G. E. M. Ibarra, and J. J. V. Ibarra, “Desafíos y Oportunidades en la Infraestructura de Carga para Vehículos Eléctricos en América Latina y el Caribe,” *Reincisol.*, 2024, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:271883130>
- [5] P. Otero, L. Mera, and E. J. Calle, “Aplicación de la Simulación de Montecarlo para el Análisis de la Implementación de Estaciones de Carga Rápida para Vehículos Eléctricos en la Provincia de Galápagos,” *Requir Eng*, vol. 17, pp. 143–152, 2021, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:234029715>
- [6] F. Delgado, “Modelo óptimo e implementación de estaciones de carga para vehículos eléctricos en la Península Ibérica,” 2017. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:135333342>
- [7] L. de Montserrat Ortiz-Aguilar, M. P. Ortega, and L. Á. X. Orozco, “Diseño de rutas para estaciones de cargas eléctricas de vehículos eléctricos con algoritmos Metaheurísticos,” *Ideas en Ciencias de la Ingeniería*, 2024, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:271235955>
- [8] F. J. F. Vargas, J. B. G. López, J. E. Izquierdo-Obando, J. R. B. Heredia, and N. R. Z. Loor, “Educación, sociedad y tecnología: gestión energética de vehículos eléctricos

- híbridos utilizando técnicas de control predictivo robusto,” *Ibero-American Journal of Education & Society Research*, 2023, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:256921368>
- [9] E. O. Nadal, J. M. Maldonado, and J. V. Reséndiz, “Tipos de vehículos eléctricos e híbridos comercialmente disponibles,” 2018. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:216865801>
- [10] E. L. L. Quiroz and J. David, “Factibilidad estaciones de carga para vehículos eléctricos en Medellín,” 2018. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:165955037>
- [11] J. E. G. Maila, V. A. G. Cisneros, N. R. C. Quille, and C. A. C. Vergara, “La importancia de las características principales de seleccionar un motor para la propulsión de vehículos eléctricos,” 2021. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:240553111>
- [12] M. Serrano-Márquez, E. Collado, and Y. Sáez, “Análisis de los métodos implementados para el control de la gestión energética en vehículos eléctricos,” *Revista de Iniciación Científica*, 2023, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:260407726>
- [13] FREDDY ADRIÁN CAÑAR YUPANGUI, “ANÁLISIS PARA LA ADECUADA UBICACIÓN DE ELECTROLINERAS DE CARGA RÁPIDA EN LA CIUDAD DE CUENCA,” UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA, Cuenca, 2022.
- [14] F. J. S. Sutil, “Protección eléctrica de un nodo DC multiterminal para alimentar estaciones de carga de vehículos eléctricos,” 2016. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:70207512>
- [15] J. F. M. Cartagena and E. R. G. Torres, “Asignación de recursos para la recarga de vehículos eléctricos en estaciones de servicios basado en la respuesta a la demanda,” 2018. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:188448555>
- [16] O. González and D. Genaro, “Estudio de pre factibilidad para la implementación de un servicio de Electrolinerías, en la ciudad de Cuenca, en al año 2017-2018,” 2018. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:198075072>

- [17] G. Jiménez and R. David, “Estudio comparativo de distintos tipos de baterías de ion de litio para aplicaciones en vehículos eléctricos,” 2017. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:171531974>
- [18] S. Morocho and S. Eduardo, “Modelado de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos y sus efectos en un sistema de distribución de energía eléctrica,” 2017. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:165802423>
- [19] M. A. A. Salas, “Despliegue Óptimo Georreferenciado de Estaciones de Carga para Vehículos Eléctricos en Redes Distribución Usando un Modelo Heurístico Basado en Trayectoria,” *INGENIO*, 2023, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:257002751>
- [20] E. L. L. Quiroz and J. David, “Factibilidad estaciones de carga para vehículos eléctricos en Medellín,” 2018. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:165955037>
- [21] J. A. M. Lao, “Consecuencias energéticas de la implantación masiva del vehículo eléctrico en España. Energy consequences of the massive implementation of the electric vehicle in Spain,” 2017. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:198523887>
- [22] R. R. Andrés, “Carga rápida en móviles: Qué es y cómo funciona,” *Personal computer & internet*, pp. 42–45, 2017, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:186623960>
- [23] M. Maldonado and L. Andrés, “Análisis técnico para la implementación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en la provincia de Galápagos,” 2020. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:226083265>
- [24] C. M. O. Uguña, L. G. Morales, and K. Verdugo, “Diseño de un cargador rápido de baterías para vehículos eléctricos enchufables en el punto de conexión común de la red de distribución de energía eléctrica,” *Elektron*, 2022, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:255661233>
- [25] M. Pineda and E. Lisbeth, “Control de frecuencia mediante gestión de demanda durante el proceso de carga lenta en vehículos eléctricos,” 2020. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:230700972>

- [26] J. Lascano, L. Chiza, R. Saraguro, C. Quinatoa, and J. Tapia, “Estimación de la Demanda de una Estación de Carga para Vehículos Eléctricos Mediante la Aplicación de Métodos Probabilísticos,” *Revista Técnica “energía,”* vol. 20, no. 1, pp. 52–64, Jul. 2023, doi: 10.37116/revistaenergia.v20.n1.2023.569.
- [27] S. Köhler, R. Baker, M. Strohmeier, and I. Martinovic, “Brokenwire: Wireless Disruption of CCS Electric Vehicle Charging,” in *Proceedings 2023 Network and Distributed System Security Symposium*, Reston, VA: Internet Society, 2023. doi: 10.14722/ndss.2023.23251.
- [28] M. Torres-Pamplona, Á. Jaramillo-Duque, and J. R. Ortiz-Castrillón, “Vehículos Eléctricos Versus Convencionales en Colombia: Un Análisis Financiero Comparando Los Costos Totales de Propiedad,” 2021. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:234044745>
- [29] W. R. A. Astudillo and D. X. C. Buele, “Estudio y desarrollo de un prototipo de estación de carga nivel L2 para vehículos eléctricos,” 2018. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:166200404>
- [30] K. Rodríguez, E. Briceño, H. D. F. Amador, and O. D. Melgar-Domínguez, “Evaluando el impacto de la conexión de vehículos eléctricos en una red de baja tensión de Honduras,” *Innovare: Revista de ciencia y tecnología*, 2023, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:261327582>
- [31] H. Zhang, “The Application of Digital Technology in Tesla Automobile Industry: Key Factors and Global Market Expansion,” *Highlights in Business, Economics and Management*, 2023, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:268022536>
- [32] P. F. Guillen Montero and A. F. Pánchez Mogroviejo, “Análisis de la calidad de la energía eléctrica en las redes de bajo voltaje de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca por la cargabilidad de vehículos eléctricos,” Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca, 2019.
- [33] D. Maheswaran, V. Rangaraj, K. K. J. Kailas, and W. A. Kumar, “Energy efficiency in electrical systems,” in *2012 IEEE International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems (PEDES)*, IEEE, Dec. 2012, pp. 1–6. doi: 10.1109/PEDES.2012.6484460.

- [34] V. Sousa Santos and J. Gómez Sarduy, “Análisis de Calidad de la Energía y Estado de Carga en un Puesto de Seccionamiento y Transformación de Energía,” *International Journal of Management Science and Operation Research*, vol. 4, no. 1, Jul. 2020, doi: 10.17981/ijmsor.04.01.08.
- [35] Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, *Resolución Nro. ARCERNNR-003/2023, REGULACIÓN Nro. ARCERNNR 002/20 (Codificada)*. 2023.
- [36] R. A. E. Pin, J. A. M. Ortega, and S. M. Ramirez, “Análisis comparativo de consumo de energía en una estación de bombeo de agua con diferentes algoritmos de control voltaje/frecuencia,” *AlfaPublicaciones*, 2024, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:270405072>
- [37] J. D. L. Santos and J. K. C. Poveda, “Propuesta de Inversor Multinivel con Control de THD de Voltaje,” 2016. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:171330762>
- [38] F. R. Francis-Quinde, G. I. Vergara-Estacio, J. N. Camacho-Diaz, L. A. González-Quiñonez, F. A. Gresely-Santi, and M. S. Quiñonez-Alava, “Análisis de las causas del efecto flicker sobre una red eléctrica doméstica en el barrio 24 de Mayo Codesa,” *Ibero-American Journal of Engineering & Technology Studies*, 2023, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:259827208>
- [39] G. Sabater and J. Pedro, “Redes de Distribución,” 2020. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:226098628>
- [40] L. G. López, A. Degadillo, and F. S. Varretti, “Evaluación de impacto de recursos energéticos distribuidos sobre redes de distribución en baja tensión,” *AJEA*, 2022, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:252697833>
- [41] A. L. Z. Lamadrid, A. de la Rubia Herrera, Ó. D. Pérez, and D. M. Sotelo, “CORRIENTE CONTINUA DE MEDIA TENSIÓN (MVDC), UN NUEVO SISTEMA PARA LA GESTIÓN Y OPERATIVIDAD DE REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA.,” *Dyna (Medellin)*, vol. 95, pp. 579–582, 2020, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:228935455>

- [42] R. R. Mastell, “Desarrollo de un programa para el cálculo del flujo de cargas en redes eléctricas de distribución en Simulink/Matlab,” 2019. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:198505655>
- [43] M. R. E. Galarza and D. F. C. Galarza, “Planificación de la Expansión Basada en la Máxima Cargabilidad de Líneas de Transmisión Aplicando Conmutaciones del Sistema,” *Revista Politécnica*, 2023, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:256569914>
- [44] Sergio Torobeo Palomino and Saul Flores Turpo, “ANÁLISIS DE CARGABILIDAD EN MT DEL ALIMENTADOR DO-04 DE LA CIUDAD DEL CUSCO PROYECTADO AL AÑO 2025,” UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO, Cusco, 2021.
- [45] E. A. Á. Jerez *et al.*, “Potencial impacto energético de los vehículos eléctricos en la red de distribución del Distrito Nacional, República Dominicana,” *Ciencia, Ingenierías y Aplicaciones*, 2019, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:204653319>
- [46] K. Columba, K. Cholca, J. S. Díaz, B. Iza, and B. Pérez, “Innovación en el diseño electrónico de sistemas de carga para baterías en vehículos híbridos y eléctricos,” *Revista Ingeniería e Innovación del Futuro*, 2024, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:273281241>
- [47] O. Muñoz and P. Andrés., “Dimensionamiento óptimo de generación distribuida en redes de distribución basado en la teoría de grafos,” 2020. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:226480395>
- [48] S. R. Castaño, “Redes de distribución de energía,” 2019. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:219868736>
- [49] G. C. Lopez, “Metodología general para la planeación y optimización de las redes de distribución considerando la generación distribuida,” 2019. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:214097678>
- [50] S. M. P. Londoño, A. G. Ruiz, M. B. López, and J. J. M. Flórez, “Modelizado de componentes en micro - redes AC,” 2020. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:238079776>

- [51] P. R. V. Felipe and J. B. C. Martínez, “EFECTO DEL TIPO DE DESBALANCE SOBRE LA EFICIENCIA Y EL FACTOR DE POTENCIA DE LOS MOTORES ASINCRÓNICOS,” 2004. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:170401837>
- [52] F. J. B. Siegel, S. P. Carrion, and C. Lozano, “Estudio del flujo de energía eléctrica en circuitos trifásicos no lineales de iluminación y alumbrado. Parte II,” 2016. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:171647735>
- [53] P. Poveda-Martínez, J. Ramis-Soriano, E. Parizet, and K. Janssens, “Percepción Sonora de Vehículos Eléctricos,” 2016. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:164635153>
- [54] J. P. N. González, “Detección y diagnóstico de fallas en sistemas eléctricos de potencia combinando una red neuronal autoasociativa y una red neuronal probabilística,” *Res. Comput. Sci.*, vol. 148, pp. 99–112, 2019, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:213071476>
- [55] ELECTROMAPS, “Listado de puntos de recarga para vehículos eléctricos en Ecuador.”
- [56] YT ELECTRIC, “Estándar IEEE 519 para armónicos,” YT ELECTRIC.
- [57] Michael Kipness and David Zech, *IEEE 519-2022*. 2022.
- [58] IEC, “IEC 61851-23:2023,” *IEC*, 2024.
- [59] Agencia de Regulación y Control de la Electricidad, “PLIEGO TARIFARIO PARA LOS PROVEEDORES DEL SERVICIO DE CARGA DE ENERGÍA A VEHÍCULOS ELÉCTRICOS LÍMITES MÁXIMOS DEL COSTO,” 2025.
- [60] Daniel Sebastián Banegas Arias and Paúl Esteban Morejón Monteros, “Evaluación del impacto de la carga lenta de vehículos eléctricos en la calidad de energía en un tramo de red de distribución de bajo voltaje,” Universidad de Cuenca, Cuenca, 2024.
- [61] ALEX GEOVANNY CÓRDOVA ESPAÑA, “FACTIBILIDAD PARA LA INTEGRACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS AL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICO,” UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO, Quito, 2015.

- [62] W. A. R. Montesdeoca, V. H. Pérez, J. A. M. Tixi, and A. O. Pazmiño-Armijos, “Optimización de la Operación de Fuentes de Energía en Vehículos Híbridos Eléctricos Mediante Modelación Matemática,” *Revista Imaginario Social*, 2023, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:258549641>
- [63] P. M. López and R. W. P. Uría, “Análisis energético de un vehículo eléctrico liviano en bolivia,” *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 2022, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:252746971>
- [64] K. I. Salazar, S. C. Castillon, and G. A. M. Cárdenas, “Metodología 5S: Una Revisión Bibliográfica y Futuras Líneas de Investigación,” *Qantu Yachay*, 2022, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:249383164>
- [65] CYMDIST Alimentador San José Sur, “Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP,” 2024, *Quevedo*.
- [66] E. Calo-Villalva, R. Segura-Flores, G. Vaca-Ortega, and E. Balseca-Jijón, “Demanda en la Red de Distribución del Circuito Primario Olímpica y su Impacto en la Implementación de Electrolíneas,” *593 Digital Publisher CEIT*, vol. 8, no. 6, pp. 526–536, Nov. 2023, doi: 10.33386/593dp.2023.6.2133.
- [67] YT ELECTRIC, “Impacto de la carga lenta de vehículos eléctricos en la calidad de energía de la red de distribución: Una prospección literaria,” *CEDAMAZ*, vol. 14, no. 1, pp. 69–79, Jun. 2024, doi: 10.54753/cedamaz.v14i1.2220.
- [68] CALLE PIEDRA MARIO PAUL and CARRERA NAVARRETE WILMER JIMMY, “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE ELECTROLÍNEAS EN ESTACIONES DE SERVICIO DE UNA COMERCIALIZADORA DE COMBUSTIBLE EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL,” ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL, Guayaquil, 2024.
- [69] VERÓNICA ROSA VERGARA NARANJO, “ÓPTIMA GESTIÓN DE LA DEMANDA PARA ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN MICRO-REDES INTELIGENTES.,” UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO, Quito, 2017.
- [70] D. Medina Díaz and J. Rodríguez Arribas, “Cubierta fotovoltaica en instalación deportiva y propuesta energética para la descarbonización de la ETSII,” ESCUELA

TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE MADRID, Madrid, 2021.

- [71] D. Fernández Durán, “Diseño de una instalación fotovoltaica para conexión a red y recarga rápida de vehículos eléctricos.,” ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE MADRID, Madrid, 2016.
- [72] E. A. Buestan Morales and S. J. Fajardo Castillo, “Análisis de viabilidad de una electrolinera con energía solar y almacenamiento en baterías,” Universidad Politécnica Salesiana , Cuenca, 2024.

**CAPÍTULO VII**  
**ANEXOS**

**Anexo 1***Comparación entre valores medidos y los límites establecidos por la regulación*

<b>Parámetros</b>	<b>Límites del ARCERNNR</b>	<b>Valores medidos</b>	<b>Cumplimiento</b>
Tensión	±6%	14116 V 13042 V	SI CUMPLE
THD	5%	0,001%	SI CUMPLE
Factor de potencia	0,92	> 0,96	SI CUMPLE
Frecuencia	60 HZ	60 HZ	SI CUMPLE

**Anexo 2***Estado actual de los transformadores con cargabilidad entre el 45% al 65%*

<b>Nro. equipo</b>	<b>Cap Nom (kVA)</b>	<b>Potencia total de paso (kW)</b>	<b>Potencia total de paso (kvar)</b>	<b>Potencia total de paso (kVA)</b>	<b>Pérdidas totales (kW)</b>	<b>Pérdidas totales (kvar)</b>	<b>Carga (%)</b>
0973456	50,00	31	7	32	0,4	0,9	62,8
045854	50,00	31	7	31	0,4	0,9	61,8
0973498	50,00	30	7	31	0,4	0,9	61,1
051178	50,00	30	7	31	0,4	0,8	60,7
045825	25,00	15	4	15	0,2	0,4	59,9
0972196	50,00	30	7	30	0,4	0,8	59,8
045810	15,00	9	2	9	0,1	0,3	58,3
045911	25,00	14	3	15	0,2	0,4	57,4
45933	37,50	21	5	21	0,3	0,5	55,5
045800	50,00	27	7	28	0,3	0,7	55,3
045304	50,00	26	6	27	0,3	0,7	53,3
045785	50,00	26	6	27	0,3	0,6	52,2
045899	50,00	26	6	27	0,3	0,6	52,2
OID141217	125,00	64	15	66	0,8	1,7	51,6
45755	50,00	25	6	26	0,3	0,6	50,9
0975368	50,00	25	6	26	0,3	0,6	50,3
45765	25,00	12	3	13	0,2	0,3	49,9
045888	50,00	25	6	25	0,3	0,6	49,9
045891	50,00	24	6	25	0,3	0,6	49,3
0976481	37,50	18	4	19	0,2	0,4	48,7
209046	200,00	95	23	98	1,2	2,7	48,0
OID85049	50,00	23	5	24	0,3	0,5	47,0
45786	10,00	5	1	5	0,1	0,1	46,0
209081	25,00	11	3	12	0,2	0,2	45,7
045763	50,00	23	5	23	0,3	0,5	45,6
045865	200,00	89	21	92	1,2	2,4	45,1
264418	25,00	11	3	11	0,2	0,2	45,1

**Anexo 3***Estado actual de los transformadores con cargabilidad entre el 30% al 45%*

<b>Nro. equipo</b>	<b>Cap Nom (kVA)</b>	<b>Potencia total de paso (kW)</b>	<b>Potencia total de paso (kvar)</b>	<b>Potencia total de paso (kVA)</b>	<b>Pérdidas totales (kW)</b>	<b>Pérdidas totales (kvar)</b>	<b>Carga (%)</b>
045861	50,00	22	5	23	0,3	0,5	44,3
045873	50,00	21	5	21	0,3	0,4	41,9
0972075	50,00	21	5	21	0,3	0,4	41,8
45864	50,00	21	5	21	0,3	0,4	41,4
0972278	50,00	20	5	21	0,3	0,4	41,1
045805	50,00	20	5	21	0,3	0,4	41,1
045796	15,00	6	1	6	0,1	0,1	40,8
250545	50,00	20	5	21	0,2	0,4	40,7
045760	50,00	20	5	21	0,3	0,4	40,7
045826	25,00	10	2	10	0,1	0,2	40,6
051179	50,00	20	5	20	0,2	0,4	39,9
045789	25,00	10	2	10	0,1	0,2	39,9
0975463	50,00	19	4	20	0,2	0,3	39,2
145707	50,00	19	4	20	0,2	0,3	38,6
045766	50,00	19	4	19	0,2	0,3	38,1
0974449	50,00	19	4	19	0,2	0,3	37,7
045907	15,00	6	1	6	0,1	0,1	37,1
045758	50,00	18	4	19	0,2	0,3	36,7
45923	25,00	9	2	9	0,1	0,1	35,2
0973449	50,00	17	4	18	0,2	0,3	35,2
045768	50,00	17	4	18	0,2	0,3	34,9
045767	50,00	17	4	18	0,2	0,3	34,5
045932	10,00	3	1	3	0,1	0,1	34,2
OID5584	50,00	17	4	17	0,3	0,3	34,2
0976480	37,50	13	3	13	0,2	0,2	34,1
045863	37,50	13	3	13	0,2	0,2	33,8
046320	50,00	17	4	17	0,3	0,3	33,7
45818	25,00	8	2	8	0,1	0,1	32,9
045918	25,00	8	2	8	0,1	0,1	32,7
045879	75,00	24	5	25	0,3	0,4	32,3
OID162529	50,00	16	4	16	0,2	0,2	31,5
0973554	300,00	92	21	94	1,2	1,7	30,9
045761	50,00	15	3	16	0,2	0,2	30,8
046661	15,00	5	1	5	0,1	0,1	30,6
45846	37,50	11	3	12	0,2	0,2	30,6
0963908	50,00	15	3	16	0,2	0,2	30,6
51184	15,00	4	1	5	0,1	0,1	30,1

**Anexo 4***Estado actual de los transformadores con cargabilidad entre el 20% al 30%*

<b>Nro. equipo</b>	<b>Cap Nom (kVA)</b>	<b>Potencia total de paso (kW)</b>	<b>Potencia total de paso (kvar)</b>	<b>Potencia total de paso (kVA)</b>	<b>Pérdidas totales (kW)</b>	<b>Pérdidas totales (kvar)</b>	<b>Carga (%)</b>
045773	50,00	15	3	15	0,2	0,2	29,8
0973574	250,00	74	17	76	1,0	1,3	29,8
045939	300,00	77	18	79	1,1	1,3	29,5
045905	400,00	113	26	116	1,4	1,9	28,6
045857	50,00	14	3	14	0,2	0,2	28,4
045878	75,00	20	4	21	0,3	0,2	26,9
OID110775; OID110774; OID110773	75,00	20	4	20	0,3	0,2	26,3
45943	15,00	4	1	4	0,1	0,0	25,9
045872	37,50	10	2	10	0,2	0,1	25,6
OID140231	37,50	9	2	10	0,2	0,1	25,3
264417	25,00	6	1	6	0,1	0,1	24,8
45869; 45870; 45868	300,00	72	16	74	1,0	1,0	24,2
45822	15,00	3	1	4	0,1	0,1	23,4
045886	25,00	6	1	6	0,1	0,1	22,9
5582	150,00	34	8	35	0,5	0,4	22,9
045919	25,00	6	1	6	0,1	0,1	22,8
OID162477	100,00	23	5	23	0,4	0,2	22,7
962581	25,00	6	1	6	0,1	0,1	22,4
0973669	10,00	2	0	2	0,1	0,0	22,1
228434	50,00	11	2	11	0,2	0,1	22,0
051255	75,00	16	4	17	0,3	0,2	22,0
45889	25,00	5	1	6	0,1	0,1	21,9
OID86693	25,00	5	1	6	0,1	0,1	21,9
045851	25,00	5	1	6	0,1	0,1	21,7
045856	25,00	5	1	6	0,1	0,1	21,6
051257	75,00	16	4	16	0,3	0,2	21,5
OID93158	75,00	15	3	16	0,2	0,1	20,7
045793	10,00	2	0	2	0,1	0,0	20,6
45814	50,00	10	2	10	0,2	0,1	20,0

### Anexo 5

*Pérdidas de potencia con la inclusión de 3 electrolineras en tramos con alta demanda energética*

Nombre del tramo	Pérdidas totales	Pérdidas totales	Pérdidas totales	Pérdidas totales
	sin VE (kW)	con VE (kW)	sin VE (kvar)	con VE (kvar)
20198_MTA-1	0,36	0,45	1,05	1,31
20197_MTA-1	0,76	0,95	2,22	2,79
20194_MTA-1	0,91	1,15	2,68	3,36
20195_MTA-1	0,52	0,66	1,53	1,93
20378_MTA-1	0,47	0,60	1,39	1,75
20199_MTA-1	0,69	0,87	2,03	2,55
20207_MTA-1	0,60	0,76	1,77	2,24
33482_MTA-1	0,58	0,74	1,71	2,17
33481_MTA-1	0,09	0,11	0,26	0,33
20206_MTA-1	0,52	0,66	1,54	1,95
20284_MTA-1	0,32	0,41	0,95	1,20
20204_MTA-1	0,92	1,17	2,72	3,44
20203_MTA-1	0,64	0,81	1,88	2,37
20282_MTA-1	0,54	0,69	1,59	2,01
20202_MTA-1	0,92	1,16	2,70	3,41
20283_MTA-1	0,72	0,91	2,11	2,66
20200_MTA-1	0,79	0,99	2,30	2,91
20201_MTA-1	0,74	0,93	2,16	2,72
20603_MTA-1	0,03	0,04	0,09	0,12
485362_MTA-1	0,36	0,46	1,06	1,35
485361_MTA-1	0,40	0,51	1,19	1,51
20216_MTA-1	0,42	0,50	1,21	1,44
20288_MTA-1	0,32	0,38	0,93	1,11
20214_MTA-1	0,31	0,37	0,91	1,08
37327_MTA-1	0,02	0,02	0,05	0,06
476532_MTA-1	0,45	0,53	1,30	1,54
476531_MTA-1	0,46	0,55	1,33	1,58
33485_MTA-1	0,56	0,67	1,62	1,93
20608_MTA-1	0,03	0,03	0,08	0,09
20613_MTA-1	0,40	0,48	1,16	1,38
33795_MTA-1	0,50	0,60	1,46	1,75
37328_MTA-1	0,50	0,60	1,47	1,75

### Anexo 6

*Pérdidas de potencia con la inclusión de 3 electrolineras en tramos con demanda energética media-alta*

Nombre del tramo	Pérdidas totales	Pérdidas totales	Pérdidas totales	Pérdidas totales
	sin VE (kW)	con VE (kW)	sin VE (kvar)	con VE (kvar)
20193_MTA-1	0,81	1,02	2,24	2,80
20184_MTA-1	0,73	0,92	2,02	2,52
20192_MTA-1	0,84	1,06	2,32	2,89
20191_MTA-1	0,73	0,91	1,99	2,49
20183_MTA-1	1,06	1,32	2,90	3,60
20180_MTA-1	1,18	1,47	3,23	4,02
20186_MTA-1	0,84	1,05	2,30	2,87

20178_MTA-1	0,95	1,18	2,59	3,21
20177_MTA-1	1,00	1,24	2,73	3,39
20185_MTA-1	0,87	1,08	2,37	2,95
20181_MTA-1	0,89	1,11	2,43	3,02
20555_MTA-1	0,02	0,02	0,04	0,05
20182_MTA-1	0,03	0,03	0,07	0,09
20660_MTA-1	0,04	0,04	0,10	0,12
20190_MTA-1	1,07	1,35	2,95	3,69
20297_MTA-1	0,25	0,80	0,74	2,15
20314_MTA-1	0,51	0,54	1,50	1,46
20312_MTA-1	0,55	0,31	1,62	0,90
20287_MTA-1	0,62	0,63	1,68	1,83
20213_MTA-1	0,42	0,68	1,14	1,98
20317_MTA-1	0,48	0,59	1,40	1,74
20551_MTA-1	0,03	0,03	0,08	0,10
478949_MTA-1	0,01	0,01	0,02	0,03
124141_MTA-1	0,01	0,01	0,03	0,03
478950_MTA-1	0,57	0,64	1,64	1,85
354759_MTA-1	0,37	0,41	1,06	1,20
456228_MTA-1	0,28	0,32	0,81	0,92
478952_MTA-1	0,70	0,79	2,02	2,29
478951_MTA-1	0,56	0,63	1,61	1,82

### *Anexo 7*

*Pérdidas de potencia con la inclusión de 3 electrolineras en tramos con demanda energética media*

Nombre del tramo	Pérdidas totales	Pérdidas totales	Pérdidas totales	Pérdidas totales
	sin VE (kW)	con VE (kW)	sin VE (kvar)	con VE (kvar)
292710_MTA-1	0,017	0,019	0,049	0,056
183388_MTA-1	0,07	0,08	0,20	0,23
183387_MTA-1	0,12	0,13	0,35	0,39
501315_MTA-1	0,15	0,17	0,43	0,49
434043_MTA-1	0,33	0,37	0,94	1,07
434034_MTA-1	0,00	0,00	0,01	0,01
447950_MTA-1	0,00	0,00	0,01	0,01
447949_MTA-1	0,18	0,20	0,52	0,59
20281_MTA-1	0,21	0,21	0,61	0,61
20429_MTA-1	0,02	0,02	0,06	0,06
33711_MTA-1	0,14	0,15	0,42	0,42
33713_MTA-1	0,18	0,15	0,52	0,40
271521_MTA-1	0,14	0,17	0,41	0,45
234307_MTA-1	0,17	0,09	0,50	0,24
33717_MTA-1	0,13	0,11	0,39	0,31
33714_MTA-1	0,12	0,18	0,34	0,52
501422_MTA-1	0,13	0,14	0,35	0,41
501421_MTA-1	0,14	0,17	0,39	0,50
501411_MTA-1	0,08	0,13	0,21	0,39
501420_MTA-1	0,10	0,12	0,27	0,34

### Anexo 8

*Pérdidas de potencia con la inclusión de 3 electrolineras en tramos con demanda energética baja*

Nombre del tramo	Pérdidas totales	Pérdidas totales	Pérdidas totales	Pérdidas totales
	sin VE (kW)	con VE (kW)	sin VE (kvar)	con VE (kvar)
501412_MTA-1	0,17	0,17	0,45	0,45
20994_MTA-1	0,02	0,05	0,07	0,16
20259_MTA-1	0,05	0,00	0,16	0,01
20641_MTA-1	0,00	0,00	0,01	0,01
478898_MTA-1	0,00	0,00	0,01	0,01
478897_MTA-1	0,00	0,08	0,01	0,23
20703_MTA-1	0,08	0,01	0,23	0,04
478900_MTA-1	0,01	0,04	0,04	0,11
33722_MTA-1	0,04	0,04	0,11	0,12
33721_MTA-1	0,04	0,06	0,12	0,18
20564_MTA-1	0,06	0,01	0,18	0,04
488713_MTA-1	0,01	0,03	0,04	0,08
488714_MTA-1	0,03	0,05	0,08	0,15
33724_MTA-1	0,05	0,05	0,15	0,14
20995_MTA-1	0,05	0,01	0,14	0,02
393056_MTA-1	0,01	0,01	0,02	0,02
393055_MTA-1	0,01	0,01	0,02	0,03
393054_MTA-1	0,01	0,02	0,03	0,05
393053_MTA-1	0,02	0,02	0,04	0,05
33727_MTA-1	0,02	0,02	0,05	0,07
33725_MTA-1	0,02	0,01	0,07	0,03
20996_MTA-1	0,01	0,01	0,03	0,03

### Anexo 9

*Información adicional sobre los conductores del alimentador San José Sur*

Nombre del tramo	Longitud (pi)	Id equipo	IEquil (A)
20198_MTA-1	77,1	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	165,6
20197_MTA-1	163,7	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	165,6
20194_MTA-1	196,2	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	166,3
20195_MTA-1	114,2	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	164,6
20378_MTA-1	103,5	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	164,6
20199_MTA-1	149,6	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	165,5
20207_MTA-1	144,6	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	155,2
33482_MTA-1	139,8	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	155,2
33481_MTA-1	21,1	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	157,3
20206_MTA-1	121,7	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	159,2
20284_MTA-1	74,9	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	159,2
20204_MTA-1	215,0	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	159,2
20203_MTA-1	146,8	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	160,2
20282_MTA-1	124,7	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	160,2
20202_MTA-1	209,7	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	161,1
20283_MTA-1	161,3	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	162,6
20200_MTA-1	176,4	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	162,6
20201_MTA-1	164,0	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	163,3

20603_MTA-1	7,8	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	150,3
485362_MTA-1	91,9	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	150,3
485361_MTA-1	102,8	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	150,3
20216_MTA-1	109,6	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2,NONE,3CP	148,5
20288_MTA-1	84,4	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2,NONE,3CP	148,5
20214_MTA-1	82,1	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2,NONE,3CP	148,5
37327_MTA-1	5,0	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2,NONE,3CP	143,0
476532_MTA-1	124,4	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2,NONE,3CP	143,0
476531_MTA-1	127,8	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2,NONE,3CP	143,0
33485_MTA-1	155,7	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2,NONE,3CP	143,0
20608_MTA-1	7,3	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	143,0
20613_MTA-1	114,5	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2,NONE,3CP	140,1
33795_MTA-1	145,0	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2,NONE,3CP	140,1
37328_MTA-1	144,7	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2,NONE,3CP	140,3
20193_MTA-1	168,3	ACSR.4/0,ACSR.4/0,ACSR.4/0,NONE,NONE,3CP	168,9
20184_MTA-1	151,6	ACSR.4/0,ACSR.4/0,ACSR.4/0,NONE,NONE,3CP	168,9
20192_MTA-1	172,6	ACSR.4/0,ACSR.4/0,ACSR.4/0,NONE,NONE,3CP	169,8
20191_MTA-1	147,8	ACSR.4/0,ACSR.4/0,ACSR.4/0,NONE,NONE,3CP	170,5
20183_MTA-1	210,3	ACSR.4/0,ACSR.4/0,ACSR.4/0,NONE,NONE,3CP	172,9
20180_MTA-1	234,6	ACSR.4/0,ACSR.4/0,ACSR.4/0,NONE,NONE,3CP	173,0
20186_MTA-1	167,2	ACSR.4/0,ACSR.4/0,ACSR.4/0,NONE,NONE,3CP	173,0
20178_MTA-1	183,9	ACSR.4/0,ACSR.4/0,ACSR.4/0,NONE,NONE,3CP	175,2
20177_MTA-1	193,9	ACSR.4/0,ACSR.4/0,ACSR.4/0,NONE,NONE,3CP	175,2
20185_MTA-1	168,7	ACSR.4/0,ACSR.4/0,ACSR.4/0,NONE,NONE,3CP	175,2
20181_MTA-1	172,8	ACSR.4/0,ACSR.4/0,ACSR.4/0,NONE,NONE,3CP	175,2
20555_MTA-1	2,9	ACSR.4/0,ACSR.4/0,ACSR.4/0,NONE,NONE,3CP	175,2
20182_MTA-1	5,3	ACSR.4/0,ACSR.4/0,ACSR.4/0,NONE,NONE,3CP	175,2
20660_MTA-1	6,9	ACSR.4/0,ACSR.4/0,ACSR.4/0,NONE,NONE,3CP	175,2
20190_MTA-1	225,5	ACSR.4/0,ACSR.4/0,ACSR.4/0,NONE,NONE,3CP	167,9
20297_MTA-1	90,0	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	129,0
20314_MTA-1	183,8	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	128,7
20312_MTA-1	198,7	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	128,8
20287_MTA-1	162,1	ACSR.4/0,ACSR.4/0,ACSR.4/0,ACSR.2/0,NONE,3CP	148,8
20213_MTA-1	109,6	ACSR.4/0,ACSR.4/0,ACSR.4/0,ACSR.2/0,NONE,3CP	148,8
20317_MTA-1	205,4	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	117,5
20551_MTA-1	11,3	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	117,5
478949_MTA-1	3,9	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2,NONE,3CP	112,5
124141_MTA-1	4,4	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	112,5
478950_MTA-1	270,6	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2,NONE,3CP	112,3
354759_MTA-1	175,9	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2,NONE,3CP	112,1
456228_MTA-1	135,0	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2,NONE,3CP	112,1
478952_MTA-1	345,5	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2,NONE,3CP	110,2
478951_MTA-1	275,1	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2,NONE,3CP	110,2
292710_MTA-1	8,8	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2,NONE,3CP	107,4
183388_MTA-1	35,9	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	107,4
183387_MTA-1	61,9	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	107,4
501315_MTA-1	79,7	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,3CP	105,6
434043_MTA-1	174,7	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,3CP	105,6
434034_MTA-1	1,5	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	105,9
447950_MTA-1	2,3	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	105,9
447949_MTA-1	93,6	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	106,9
20281_MTA-1	173,3	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	84,7
20429_MTA-1	17,2	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	85,1
33711_MTA-1	122,9	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	83,9
33713_MTA-1	163,4	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	81,0

271521_MTA-1	135,6	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	78,8
234307_MTA-1	166,8	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	78,8
33717_MTA-1	124,5	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	80,2
33714_MTA-1	108,9	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	80,2
501422_MTA-1	88,9	ACSR.4/0,ACSR.4/0,ACSR.4/0,ACSR.2/0,NONE,3CP	92,9
501421_MTA-1	98,4	ACSR.4/0,ACSR.4/0,ACSR.4/0,ACSR.2/0,NONE,3CP	92,9
501411_MTA-1	55,2	ACSR.4/0,ACSR.4/0,ACSR.4/0,ACSR.2/0,NONE,3CP	91,5
501420_MTA-1	70,4	ACSR.4/0,ACSR.4/0,ACSR.4/0,ACSR.2/0,NONE,3CP	91,5
501412_MTA-1	138,7	ACSR.4/0,ACSR.4/0,ACSR.4/0,ACSR.2/0,NONE,3CP	85,1
20994_MTA-1	82,0	ACSR.2,ACSR.2,ACSR.2,NONE,NONE,3CP	42,3
20259_MTA-1	115,9	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	51,8
20641_MTA-1	6,2	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	51,8
478898_MTA-1	5,8	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	51,8
478897_MTA-1	9,3	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	51,8
20703_MTA-1	162,7	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	51,8
478900_MTA-1	26,3	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	51,8
33722_MTA-1	105,0	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	45,0
33721_MTA-1	113,4	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	45,3
20564_MTA-1	166,7	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	46,8
488713_MTA-1	40,9	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	43,7
488714_MTA-1	88,9	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	43,7
33724_MTA-1	164,8	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	42,4
20995_MTA-1	161,2	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	42,1
393056_MTA-1	35,3	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	37,4
393055_MTA-1	35,2	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	37,4
393054_MTA-1	42,4	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	37,8
393053_MTA-1	63,1	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	37,8
33727_MTA-1	75,2	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	37,8
33725_MTA-1	102,4	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	37,9
20996_MTA-1	40,3	ACSR.2/0,ACSR.2/0,ACSR.2/0,NONE,NONE,3CP	40,8

### Anexo 10

#### Información de las cargas concentradas del alimentador San José Sur

Nombre del tramo	Nro. equipo	Fase	Potencia total (kVA)	FP (%)	KWh total (kWh)
I313954_MTA	MTA_L_313954	B	20,4	97,77	9983,12
I339987_MTA	MTA_L_339987	C	25,1	97,76	12298,378
I478659_MTA	MTA_L_478659	C	17,6	97,76	8611,64
I319486_MTA	MTA_L_319486	C	18,4	97,76	8982,84
I131321_MTS	MTS_L_131321	ABC	1,9	97,76	933
I122230_MTA	MTA_L_122230	B	45,1	97,77	22043,4
I321124_MTA	MTA_L_321124	B	19,0	97,77	9319,04
I354762_MTA	MTA_L_354762	B	15,8	97,77	7711
I336224_MTA	MTA_L_336224	B	12,5	97,77	6102,68
I437344_MTA	MTA_L_437344	B	1,7	97,77	835
I316064_MTA	MTA_L_316064	B	0,3	97,77	152,96
I339722_MTA	MTA_L_339722	ABC	0,0	97,76	18
I425532_MTA	MTA_L_425532	C	2,3	97,76	1106,68
I327814_MTA	MTA_L_327814	B	3,8	97,77	1841
I341111_MTA	MTA_L_341111	A	14,9	97,76	7289

I489141_MTA	MTA_L_489141	B	18,8	97,77	9215,64
159601_MTS	MTS_S_159602	ABC	42,0	97,76	20563
I317678_MTA	MTA_L_317678	A	46,3	97,76	22633,2
I122535_MTA	MTA_L_122535	C	1,2	97,76	567
I324498_MTA	MTA_L_324498	C	1,3	97,76	619
I341347_MTA	MTA_L_341347	C	4,6	97,76	2249
I20396_MTA	MTA_L_20396	C	26,1	97,76	12780,36
I309484_MTA	MTA_L_309484	C	22,9	97,76	11198,44
I122541_MTA	MTA_L_122541	C	9,1	97,76	4454,52
I122553_MTA	MTA_L_122553	C	21,1	97,76	10332,68
I324504_MTA	MTA_L_324504	C	10,0	97,76	4876,08
I411396_MTA	MTA_L_411396	C	2,3	97,76	1127
I205780_MTA	MTA_L_205780	C	1,8	97,76	860
I364694_MTA	MTA_L_364694	C	8,1	97,76	3956,56
I321128_MTA	MTA_L_321128	C	35,9	97,76	17586,68
I324500_MTA	MTA_L_324500	C	35,9	97,76	17579,16
I441221_MTA	MTA_L_441221	C	29,9	97,76	14631,68
I327816_MTA	MTA_L_327816	C	2,1	97,76	1009
I31958_MTS	MTS_L_31958	C	0,1	97,76	34
I324501_MTA	MTA_S_324501	C	2,8	97,76	1369
I492758_MTA	MTA_L_492758	C	2,3	97,76	1117
I338784_MTA	MTA_L_338784	C	0,8	97,76	389
I468646_MTA	MTA_L_468646	C	15,3	97,76	7482,76
I440155_MTA	MTA_L_440155	C	0,1	97,76	26
I490422_MTA	MTA_L_490422	C	2,2	97,76	1082
I507369_MTA	MTA_L_507369	C	18,2	97,76	8928
I101823_MTS	MTS_L_101823	ABC	21,7	97,76	10608
I189641_MTS	MTS_L_189641	ABC	1,6	97,76	768
I330996_MTA	MTA_L_330996	C	26,6	97,76	13038,16
176692_MTS	MTS_S_176693	ABC	173,1	97,76	84700
I176723_MTS	MTS_L_176723	ABC	3,3	97,76	1632
I321114_MTA	MTA_L_321114	C	3,0	97,76	1459
I321110_MTA	MTA_L_321110	B	27,7	97,77	13532,56
I198323_MTS	MTS_L_198323	C	6,2	97,76	3037,212
I478948_MTA	MTA_L_478948	ABC	5,7	97,76	2788,48
I100628_MTS	MTS_L_100628	ABC	4,9	97,76	2407
I124154_MTA	MTA_L_124154	B	19,6	97,77	9569,96
I317680_MTA	MTA_L_317680	B	8,8	97,77	4282,136
I32279_MTS	MTS_L_32279	ABC	14,6	97,76	7140
I20422_MTA	MTA_L_20422	ABC	10,0	97,76	4905,04
I340863_MTA	MTA_L_340863	A	17,5	97,76	8567,436
I170275_MTS	MTS_L_170275	A	6,8	97,76	3346
I409923_MTA	MTA_L_409923	B	5,6	97,77	2738,2
I327822_MTA	MTA_L_327822	C	32,6	97,76	15967,716
I340447_MTA	MTA_L_340447	B	5,4	97,77	2655
I340883_MTA	MTA_L_340883	C	3,9	97,76	1925
I33555_MTS	MTS_L_33555	ABC	10,0	97,76	4896
I168674_MTS	MTS_L_168674	B	1,7	97,77	817

I168677_MTS	MTS_L_168677	A	5,0	97,76	2457
I128980_MTA	MTA_L_128980	ABC	14,2	97,76	6955,64
I128982_MTA	MTA_L_128982	A	5,4	97,76	2643
I272164_MTA	MTA_L_272164	ABC	72,5	97,76	35496
I128988_MTA	MTA_L_128988	A	3,2	97,76	1564
I165475_MTS	MTS_L_165475	B	14,3	97,77	6977
I165477_MTS	MTS_L_165477	ABC	20,2	97,76	9874
I324048_MTA	MTA_L_324048	C	20,7	97,76	10134,08
I54280_MTS	MTS_L_54280	ABC	75,7	97,76	37046
I54286_MTS	MTS_L_54286	ABC	16,8	97,76	8242
I116923_MTS	MTS_L_116923	ABC	24,2	97,76	11861
I128998_MTA	MTA_L_128998	B	1,9	97,77	915
I135513_MTS	MTS_L_135513	ABC	96,1	97,76	47002
I143944_MTS	MTS_L_143944	B	10,5	97,77	5141
I71812_MTS	MTS_L_71812	C	3,1	97,76	1510
I482914_MTA	MTA_L_482914	C	9,6	97,76	4692
I482916_MTA	MTA_L_482916	C	20,9	97,76	10249,52
I20459_MTA	MTA_L_20459	B	46,2	97,77	22601,8
I20460_MTA	MTA_L_20460	A	0,6	97,76	301
I194035_MTS	MTS_L_194035	B	12,8	97,77	6248
I51697_MTS	MTS_L_51697	B	8,7	97,77	4243
I71504_MTS	MTS_L_71504	B	6,3	97,77	3101
I129000_MTA	MTA_L_129000	B	4,6	97,77	2249
I51378_MTS	MTS_L_51378	ABC	5,3	97,76	2611
I99982_MTS	MTS_L_99982	ABC	0,1	97,76	57
I54278_MTS	MTS_L_54278	ABC	16,1	97,76	7874
I20554_MTA	MTA_L_20554	B	22,2	97,77	10844,64
I311024_MTA	MTA_L_311024	C	0,6	97,76	280
I428931_MTA	MTA_L_428931	A	12,7	97,76	6198,56
I54281_MTS	MTS_L_54281	ABC	90,3	97,76	44165
I20645_MTA	MTA_L_20645	B	4,5	97,77	2203
I20642_MTA	MTA_L_20642	ABC	1,3	97,77	968
I314306_MTA	MTA_L_314306	C	22,4	97,76	10946
I311026_MTA	MTA_L_311026	C	34,1	97,76	16665,176
I20534_MTA	MTA_L_20534	B	5,5	97,77	2679
I20649_MTA	MTA_L_20649	B	1,8	97,77	888
I101818_MTS	MTS_L_101818	ABC	4,9	97,76	2376
I20653_MTA	MTA_L_20653	A	24,6	97,76	12058,216
I177029_MTS	MTS_L_177029	ABC	0,2	97,76	122
I101884_MTS	MTS_L_101884	ABC	29,9	97,76	14606
I20651_MTA	MTA_L_20651	B	2,4	97,77	1164
208251_MTA	MTA_S_208252	ABC	5,2	97,76	2530
I182867_MTS	MTS_L_182867	B	3,8	97,77	1844
I20481_MTA	MTA_L_20481	A	26,1	97,76	12765,92
I20483_MTA	MTA_L_20483	C	3,0	97,76	1483
I321134_MTA	MTA_L_321134	C	37,8	97,76	18492,488
I324510_MTA	MTA_L_324510	C	20,9	97,76	10223,328
I495690_MTA	MTA_L_495690	C	3,2	97,76	1543

I131045_MTS	MTS_L_131045	B	1,0	97,77	477
I20542_MTA	MTA_L_20542	C	1,2	97,76	573
I79216_MTS	MTS_L_79216	B	9,5	97,77	4651
I114696_MTS	MTS_L_114696	ABC	114,2	97,76	55897
I341349_MTA	MTA_L_341349	B	3,8	97,77	1836
I314308_MTA	MTA_L_314308	B	5,6	97,77	2723
I93233_MTS	MTS_L_93233	C	1,8	97,76	880
I331006_MTA	MTA_L_331006	A	50,1	97,77	24518,6
I341113_MTA	MTA_L_341113	A	3,7	97,76	1809
I20544_MTA	MTA_L_20544	A	8,2	97,76	4001
I20659_MTA	MTA_L_20659	A	5,7	97,76	2795
I341115_MTA	MTA_L_341115	C	0,7	97,76	362
I321136_MTA	MTA_L_321136	C	53,8	97,76	26313,04
I340449_MTA	MTA_L_340449	C	3,9	97,76	1903
I318248_MTA	MTA_L_318248	C	4,6	97,76	2246,92
I20546_MTA	MTA_L_20546	B	7,3	97,77	3555
I20504_MTA	MTA_L_20504	B	7,2	97,77	3547
I314310_MTA	MTA_L_314310	B	8,8	97,77	4307
I195171_MTS	MTS_L_195171	ABC	34,4	97,76	16810
I176709_MTS	MTS_L_176709	ABC	17,1	97,76	8372
I176711_MTS	MTS_L_176711	ABC	77,7	97,76	38026
I311028_MTA	MTA_L_311028	C	4,5	97,76	2189,68
I331008_MTA	MTA_L_331008	C	5,1	97,76	2493,28
I71171_MTS	MTS_L_71171	ABC	9,2	97,76	4488
I314312_MTA	MTA_L_314312	C	19,3	97,76	9440,8
I314314_MTA	MTA_L_314314	C	0,6	97,76	311
I60484_MTS	MTS_L_60484	ABC	16,5	97,76	8078
I314300_MTA	MTA_L_314300	A	0,8	97,76	370
I321112_MTA	MTA_L_321112	A	3,4	97,76	1675
I152818_MTS	MTS_L_152818	ABC	32,0	97,76	15640
I141557_MTS	MTS_L_141557	ABC	92,6	97,76	45293
I53954_MTS	MTS_L_53954	ABC	29,2	97,76	14280
I327806_MTA	MTA_L_327806	B	3,3	97,77	1616
I152826_MTS	MTS_L_152826	ABC	3,3	97,76	1591
I152829_MTS	MTS_L_152829	ABC	3,9	97,76	1920
I79539_MTS	MTS_L_79539	C	4,0	97,76	1958
I461410_MTA	MTA_L_461410	B	20,8	97,77	10179,92
I158609_MTS	MTS_L_158609	ABC	11,0	97,76	5386
I100607_MTS	MTS_L_100607	C	2,1	97,76	1020
I74372_MTS	MTS_L_74372	ABC	2,6	97,76	1894
I71508_MTS	MTS_L_71508	ABC	13,8	97,76	6773
I327828_MTA	MTA_L_327828	A	1,5	97,76	715,56
I334464_MTA	MTA_L_334464	B	1,0	97,77	492
I327826_MTA	MTA_L_327826	A	4,5	97,76	2208
I70531_MTS	MTS_L_70531	A	9,7	97,76	4736
I340451_MTA	MTA_L_340451	B	9,4	97,77	4611
I342317_MTA	MTA_L_342317	A	35,8	97,76	17542,96
I51058_MTS	MTS_L_51058	ABC	6,2	97,76	3058

I462098_MTA	MTA_L_462098	A	2,5	97,76	1209,6
I20495_MTA	MTA_L_20495	B	4,5	97,77	2192
I51722_MTS	MTS_L_51722	B	5,5	97,77	2674
I340661_MTA	MTA_L_340661	A	14,3	97,76	7018
I20492_MTA	MTA_L_20492	B	0,8	97,77	368
I69586_MTS	MTS_L_69586	ABC	17,7	97,76	8650
I100926_MTS	MTS_L_100926	ABC	22,7	97,76	11098
I79844_MTS	MTS_L_79844	C	0,707	97,76	346
I339726_MTA	MTA_L_339726	A	38,9	97,76	19053,208
I495687_MTA	MTA_L_495687	C	20,3	97,76	9946,4
I321132_MTA	MTA_L_321132	C	24,9	97,76	12197,624
I327810_MTA	MTA_L_327810	C	36,3	97,76	17781,56
I321130_MTA	MTA_L_321130	C	4,8	97,76	2372
I331002_MTA	MTA_L_331002	C	5,7	97,76	2807
I20647_MTA	MTA_L_20647	C	1,4	97,76	702
I331004_MTA	MTA_L_331004	C	0,0184	97,76	9
I478902_MTA	MTA_L_478902	A	31,4	97,76	15365,56
I311016_MTA	MTA_L_311016	C	30,9	97,76	15122,2
I314304_MTA	MTA_L_314304	C	0,0920	97,76	45
I135526_MTS	MTS_L_135526	C	11,4	97,76	5587
I58698_MTS	MTS_L_58698	C	15,5	97,76	7589
I100595_MTS	MTS_L_100595	C	0,3	97,76	137
I128390_MTA	MTA_L_128390	A	0,8	97,76	414
I334462_MTA	MTA_L_334462	A	0,7	97,77	353
I448521_MTA	MTA_L_448521	B	7,1	97,77	3491,36
I151669_MTS	MTS_L_151669	B	0,0	97,76	13
I340881_MTA	MTA_L_340881	ABC	11,5	97,76	5613,96
I187847_MTS	MTS_L_187847	C	5,3	97,76	2611
I111163_MTS	MTS_L_111163	ABC	19,8	97,76	9667
I130876_MTA	MTA_L_130876	ABC	2,6	97,76	1292
I162515_MTS	MTS_L_162515	A	74,4	97,76	36394
I194003_MTS	MTS_L_194003	ABC	9,3	97,76	4529
I345486_MTA	MTA_L_345486	ABC	2,9	97,76	1416,72
I345483_MTA	MTA_L_345483	C	2,7	97,76	1335,2
I311336_MTA	MTA_L_311336	C	17,4	97,76	8518,6
I374707_MTA	MTA_L_374707	C	1,1	97,76	539
I198328_MTS	MTS_L_198328	ABC	11,3	97,77	5514,264
I131734_MTS	MTS_S_131735	ABC	177,4	97,76	86800
I476873_MTA	MTA_L_476873	A	2,8	97,76	1358,24
I321116_MTA	MTA_L_321116	A	8,2	97,76	4030,44
I334456_MTA	MTA_L_334456	A	20,5	97,76	10052,36
I332888_MTA	MTA_L_332888	C	3,5	97,76	1716
I327808_MTA	MTA_L_327808	A	36,5	97,76	17850,88
I20623_MTA	MTA_L_20623	A	15,0	97,76	7325,84
I316202_MTA	MTA_L_316202	A	10,1	97,76	4961,68
I20627_MTA	MTA_L_20627	A	0,6	97,76	276
I339985_MTA	MTA_L_339985	A	1,1	97,76	522
I409983_MTA	MTA_L_409983	ABC	10,4	97,77	7600

I480119_MTA	MTA_L_480119	ABC	1,5	97,76	721
I79841_MTS	MTS_L_79841	ABC	64,5	97,76	31579
I311022_MTA	MTA_L_311022	C	20,5	97,76	10051
I68353_MTS	MTS_S_168354	ABC	8,6	97,76	4200
I313034_MTA	MTA_L_313034	C	22,2	97,76	10880,44
I363677_MTA	MTA_L_363677	C	6,4	97,76	3114
I285107_MTA	MTA_L_285107	C	55,9	97,76	27360,44
I124129_MTA	MTA_L_124129	ABC	0,5	97,77	339,28
I339991_MTA	MTA_L_339991	C	6,1	97,76	2991,36
I448231_MTA	MTA_L_448231	A	1,3	97,76	645
I450915_MTA	MTA_L_450915	B	4,8	97,77	2359,28
I476561_MTA	MTA_L_476561	B	9,6	97,77	4695
I122531_MTA	MTA_L_122531	B	19,6	97,77	9588
I104443_MTS	MTS_L_104443	B	9,8	97,77	4814
I50739_MTS	MTS_L_50739	ABC	23,5	97,76	11506
I484723_MTA	MTA_L_484723	ABC	7,3	97,76	3570
I311020_MTA	MTA_L_311020	B	17,3	97,77	8440,8
I314316_MTA	MTA_L_314316	B	17,4	97,77	8527
I93235_MTS	MTS_L_93235	ABC	112,4	97,76	54998
I324496_MTA	MTA_L_324496	B	22,8	97,77	11156,32
I338050_MTA	MTA_L_338050	B	20,0	97,77	9761,4
I448227_MTA	MTA_L_448227	A	36,8	97,76	18003,64
I334460_MTA	MTA_L_334460	B	15,4	97,77	7541,4
I478662_MTA	MTA_L_478662	C	30,6	97,76	14958,72
I311018_MTA	MTA_L_311018	B	20,3	97,77	9945,04
I330998_MTA	MTA_L_330998	A	17,4	97,76	8527,76
I473603_MTA	MTA_L_473603	A	16,5	97,76	8061,738
I321120_MTA	MTA_L_321120	A	25,4	97,76	12447,6
I334458_MTA	MTA_L_334458	B	30,3	97,77	14849,618
I430104_MTA	MTA_L_430104	A	2,8	97,76	1375
I321118_MTA	MTA_L_321118	B	47,8	97,76	23399
I433321_MTA	MTA_L_433321	A	3,1	97,76	1520

---