



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE ELECTRICIDAD

**INTEGRACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS
CONECTADOS A LA RED PARA ELECTROLINERAS EN
CENTROS COMERCIALES DE LA CIUDAD DE CUENCA,
ECUADOR 2024**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO**

AUTORES: FREDDY EFRAIN RAMON CARRION

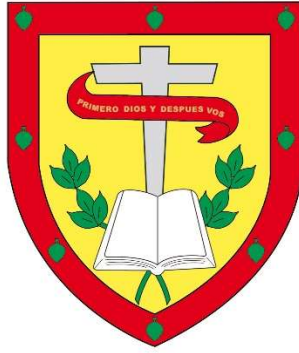
DOMENICA SOLANGE RUIZ SILVA

DIRECTOR: ING. MARCO VINICIO GUANUQUIZA LEÓN, MGTR

CUENCA - ECUADOR

2025

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
Comunidad al servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE ELECTRICIDAD

**INTEGRACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS
A LA RED PARA ELECTROLINERAS EN CENTROS
COMERCIALES DE LA CIUDAD DE CUENCA, ECUADOR 2024
PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO**

**AUTORES: FREDDY EFRAÍN RAMÓN CARRIÓN
DOMENICA SOLANGE RUIZ SILVA**

DIRECTOR: ING. MARCO VINICIO GUANQUIZA LEÓN, MGTR

CUENCA – ECUADOR

**2025
DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**

DECLARATORIA DE AUTORIA Y RESPONSABILIDAD

Freddy Efraín Ramón Carrión y Domenica Solange Ruiz Silva portadores de las cédulas de ciudadanía N° 1400777734 y 0202486361. Declaramos ser autores de la obra: "Integración de Sistemas Fotovoltaicos Conectados a la Red para Electrolineras en Centros Comerciales de la Ciudad De Cuenca, Ecuador 2024", sobre la cual nos hacemos responsables sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaramos que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximimos a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaramos finalmente que nuestra obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también nos responsabilizamos y eximimos a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 01 de abril de 2025



Freddy Efraín Ramón Carrión

1400777734

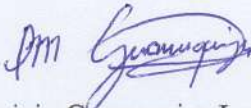


Domenica Solange Ruiz Silva

0202486361

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Freddy Efraín Ramón Carrión y
Domenica Solange Ruiz Silva, bajo mi supervisión.



Ing. Marco Vinicio Guanquiza León, Mgtr

DIRECTOR

DEDICATORIA

Esta investigación va dedicada con profundo amor a mis padres, Efraín Ramón y Marieta Carrión, por su amor incondicional, sacrificio y apoyo en cada paso de mi vida. Su ejemplo y fortaleza han sido mi mayor inspiración para alcanzar esta meta y sin duda han sido mi pilar fundamental para este logro.

A mi enamorada Karen Jiménez, por su paciencia, comprensión y por estar siempre a mi lado, incluso en la distancia y la espera. Su amor y apoyo han sido fundamental en este proceso.

A mis queridas primas Aguirre, por brindarme un hogar en Cuenca, por su hospitalidad y por hacerme sentir en familia en cada momento.

A mis hermanas, quienes han sido compañeras de vida ayuda y fuente de motivación constante.

Y por último de manera muy especial, a mis queridos tíos Blanca Ramón y Enrique Aguirre, quienes partieron antes de tiempo, pero cuyo recuerdo y enseñanzas seguirán iluminando mi camino. Esta tesis es también un homenaje a su memoria.

Freddy Efraín Ramón Carrión

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi familia, el pilar fundamental en mi vida, quienes con su amor, paciencia y apoyo incondicional han hecho posible este logro.

A mis padres, Roy Ruiz y María Isabel Silva, por ser mi guía, mi ejemplo y mi mayor inspiración. Gracias por enseñarme con su esfuerzo y dedicación que no hay metas imposibles cuando se trabaja con perseverancia y pasión. Su amor incondicional y sus palabras de aliento han sido mi refugio en los momentos difíciles y mi impulso en los momentos de triunfo.

A mis abuelos, Fernando Silva e Isabel Flores, por ser mis segundos padres, por su infinita sabiduría y por brindarme siempre su amor, apoyo y confianza. Su fortaleza y sus enseñanzas han dejado una huella imborrable en mi corazón y en mi formación como persona y profesional.

A mis hermanos, Mateo y Martín, con quienes he compartido no solo mi vida, sino también mis sueños y aspiraciones. Gracias por su compañía, por ser fuente de alegría y por recordarme siempre la importancia de la familia. Su apoyo y cariño han sido fundamentales en este camino, y espero que este logro también los inspire a alcanzar sus propias metas.

Este triunfo no es solo mío, sino de todos ustedes, porque sin su amor y apoyo incondicional, nada de esto habría sido posible. Los amo con todo mi corazón, y cada paso que doy en la vida es un reflejo de su esfuerzo, dedicación y cariño.

Domenica Solange Ruiz Silva

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Ing. Marco Guanquiza, tutor de esta tesis, por su conocimiento académico impartido, paciencia y su tiempo durante toda esta investigación.

De igual manera agradezco a los tutores encargados de la lectura y revisión, quienes con su experiencia y conocimientos académicos han contribuido al desarrollo de correcciones y una mejorada investigación

De una forma muy especial agradezco a mi compañera de tesis Domenica Ruiz por su compromiso, dedicación, paciencia y conocimiento compartido para que esta investigación se lleve a cabo de la mejor manera posible

Por último, agradezco a la Universidad Católica de Cuenca por brindarme la formación académica y su espacio para desarrollar esta investigación, permitiéndome crecer de una forma profesional en el campo de la ingeniería industria y construcción.

Freddy Efraín Ramón Carrión

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Roy Ruiz y María Isabel Silva, por su amor, apoyo incondicional y por ser la fuerza que me ha permitido superar cada obstáculo. Gracias por su confianza, por ser mi ejemplo de sacrificio y por estar a mi lado en cada paso de mi carrera.

A mis abuelos, Fernando Silva e Isabel Flores, quienes siempre han sido mi mayor fuente de sabiduría y cariño. Su ejemplo de vida y su apoyo constante me han dado la fortaleza necesaria para enfrentar los retos que se han presentado en este camino.

Al Ing. Marco Vinicio Guanquiza, mi tutor, por su valiosa orientación y guía a lo largo de este proyecto. Su conocimiento y experiencia han sido clave para la culminación de este trabajo.

Y, como no agradecerle a mi compañero de tesis, Freddy Ramón, quien no solo ha sido un excelente colega, sino también un gran amigo. Su compañía ha hecho que este proceso sea más llevadero y enriquecedor.

Domenica Solange Ruiz Silva

RESUMEN

El incremento en la adopción de vehículos eléctricos en Cuenca ha propiciado la necesidad de desarrollar una infraestructura de carga sostenible. La integración de sistemas fotovoltaicos en electrolinerías emerge como una opción viable para disminuir la dependencia de la red eléctrica y promover el uso de energías renovables. Esta investigación evalúa la viabilidad técnica y económica de implementar sistemas fotovoltaicos conectados a la red en electrolinerías de cuatro centros comerciales: Mall del Río, Batán Shopping, Monay Shopping y Racar Plaza.

El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, utilizando el software HOMER para simular el sistema fotovoltaico y analizar el recurso solar en el periodo 2013 - 2023. Se realizaron 40 simulaciones en Python, considerando escenarios con 5 y 3 estaciones de carga de 40 kW. Se consideraron paneles solares de 610 W, junto con inversores de 75 kW para el Mall del Río y de 50 kW para los demás centros comerciales.

Los resultados indicaron que Mall del Río requiere un sistema de 71.37 kW, generando un excedente de 18.570 kWh/año, mientras que los demás centros comerciales requieren 47.58 kW, con respaldo de la red y un consumo adicional de hasta 3.576 kWh/año. El análisis financiero determinó que el proyecto no es rentable con la tarifa actual de \$0.08 USD/kWh. Sin embargo, al considerar una tarifa de \$0.19 USD/kWh, la rentabilidad mejora. Además, el precio por demanda contratada de \$4.79 USD/kWh representa un ingreso fijo para el proyecto, en todos los casos de estudio, contribuyendo a su estabilidad financiera.

Palabras clave: energía solar, electrolinerías, vehículos eléctricos, red eléctrica, análisis técnico-económico.

ABSTRACT

The increase in electric vehicle adoption in Cuenca has driven the need to develop a sustainable charging infrastructure. Integrating photovoltaic systems into electric vehicle charging stations is emerging as a viable option to reduce dependence on the electricity grid and promote the use of renewable energy. This research evaluates the technical and economic feasibility of implementing grid-connected photovoltaic systems in electric vehicle charging stations at four shopping centers: Mall del Río, Batán Shopping, Monay Shopping, and Racar Plaza.

The study was developed using a quantitative approach, employing HOMER software to simulate the photovoltaic system and analyze solar resources during the period 2013-2023. Forty simulations were performed in Python, considering scenarios with 5 and 3 charging stations of 40 kW. Solar panels of 610 W and 75 kW inverters for Mall del Río and 50 kW inverters for the other shopping centers were considered.

The results indicated that Mall del Río requires a 71.37 kW system, generating a surplus of 18,570 kWh/year, while the other shopping centers require 47.58 kW, with grid backup and additional consumption of up to 3,576 kWh/year. The financial analysis determined that the project is not profitable with the current USD 0.08/kWh tariff. However, profitability improves when considering a tariff of USD 0.19/kWh. Furthermore, the contracted demand price of USD 4.79/kWh represents a fixed income for the project in all case studies, contributing to its financial stability.

Keywords: solar energy, electric vehicle charging stations, electric vehicles, electricity grid, technical-economic analysis.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARATORIA DE AUTORIA Y RESPONSABILIDAD	III
CERTIFICACIÓN	IV
DEDICATORIA	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTOS	VII
AGRADECIMIENTOS	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
ÍNDICE DE CONTENIDO	XI
LISTA DE FIGURAS	XV
LISTA DE TABLAS	XVI
LISTA DE GRÁFICAS	XVII
LISTA DE ANEXOS	XVIII
CAPITULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
Justificación	2
1.1 Objetivos	3
1.1.1 Objetivo General	3
1.1.2 Objetivos Específicos	3
1.2 Metodología	4
1.3 Estado de Arte	5
CAPITULO II	9
2. MARCO TEÓRICO	9
2.1 Electrolinerías	9
2.2 Infraestructura de carga para vehículos eléctricos	9
2.3 Tipos de Electrolinerías o Estaciones de Carga	11
2.3.1 Electrolinería en la Vía Pública	11
2.3.2 Electrolinería Interna	12
2.3.3 Electrolinerías en parqueaderos en centros comerciales	13
2.3.4 Clasificación según la potencia que estas suministran	15

2.4	Curva de carga de una Electrolinería	15
2.5	Modos de Recargas	16
2.6	Tipos de Conectores.....	19
2.7	Vehículos Eléctricos	23
2.7.1	Tipos de vehículos eléctricos.....	23
2.8	Radiación Solar.....	24
2.8.1	Radiación Directa	25
2.8.2	Radiación Difusa	25
2.8.3	Radiación Reflejada.....	25
2.9	Sistemas Fotovoltaicos	25
2.9.1	Componentes de los Sistemas Fotovoltaicos.....	25
2.9.2	Configuraciones de sistemas fotovoltaicos.....	27
2.10	Normativa.....	28
2.10.1	Enchufes	28
2.10.2	Topologías de carga.....	29
2.10.3	Comunicación.....	29
2.10.4	Protección.....	30
2.10.5	Normativa de Ecuador que se acoge a la española.....	31
2.10.6	Real Decreto-Ley 21/2021: Infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos.....	31
2.10.7	Categorías de las Centrales de Generación	31
2.10.8	Requisitos generales para Centrales de Generación categoría A con respecto a Estabilidad de Voltaje.....	32
2.10.9	Requisitos generales para Centrales de Generación categoría A con respecto a la calidad del producto.....	32
2.10.10	Planificación de etapa de pruebas técnicas y verificación de cumplimiento de requisitos técnicos de centrales de generación categoría A.....	32
2.10.11	Etapa de pruebas técnicas y verificación de cumplimiento de requisitos técnicos de centrales de generación categoría A	33
2.10.12	Declaración en operación comercial de centrales o unidades de generación categoría A.....	34
2.10.13	Regulación Arconel-005/24.....	34
2.10.14	Solicitud.....	36

2.10.15	Requisitos para la asignación del porcentaje de la energía producida por el SGDA en las modalidades 1b y 2b.....	36
2.10.16	Trámite para un SGDA de Categoría 2.....	37
2.10.17	Regulación Nro. Arconel-006/24.....	37
2.10.18	Proceso para Factibilidad de Conexión Preliminar.....	38
2.10.19	Proceso para Factibilidad de Conexión Definitiva	39
2.11	Fundamentos Económicos.....	39
2.11.1	Costos de inversión inicial.....	39
2.11.2	Gastos Operativos y de Mantenimiento.....	39
2.11.3	Indicadores para la evaluación de la rentabilidad del Proyecto.....	40
CAPITULO III		41
3.	MODELACIÓN Y SIMULACIÓN	41
3.1	Antecedentes de Modelación.....	41
3.2	Área de Estudio.....	41
3.3	Análisis del Recurso Solar	43
3.4	Modelación de la Curva de Demanda de una Electrolinea.....	45
3.4.1	Análisis del comportamiento de la Curva de demanda de una electrolinea con un cargador de 6 kW.....	45
3.4.2	Curva de Demanda Eléctrica elaborada con Python.	46
3.5	Elección de gráfica mediante el teorema central del limite	48
3.6	Modelación en Homer	49
3.7	Proyección del número de vehículos eléctricos.....	50
3.8	Infraestructura de Carga.....	52
3.8.1	Equipamiento Eléctrico	52
3.8.2	Conexión a la Red	52
3.8.3	Sistema fotovoltaico	53
3.8.4	Estación de Carga	53
CAPITULO IV		56
4.	RESULTADOS	56
4.1	Análisis del Recurso Solar	56
4.2	Resultados Modelación en Software Homer	58
4.3	Análisis de las Caídas de Tensión y la Relación de Transformación	59
4.4	Evaluación Técnica de la Infraestructura de Carga	62

4.4.1	Evaluación de la disponibilidad de espacios en los Centros comerciales de Cuenca	63
4.4.2	Análisis de compatibilidad de Inversores con Grupo de Paneles Solares en Centros Comerciales de Cuenca	64
4.5	Diagrama unifilar	66
CAPITULO V		68
5.	ANÁLISIS ECONÓMICO	68
5.1	Costo de Inversión Inicial	68
5.2	Proyección de Ingresos por Generación Fotovoltaica en un periodo de 20 años	69
5.3	Cálculo del Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR)	75
5.4	Análisis de TIR y VAN	77
5.5	Discusión	78
CONCLUSIONES		81
RECOMENDACIONES		83
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA		84
ANEXOS		89
AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL		120

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Carga de vehículo con la red y sus componentes.....	11
Figura 2. Electrolinera en vía Pública	12
Figura 3. Electrolinera Interna.....	13
Figura 4. Electrolinera en Centros Comerciales.....	14
Figura 5. Curva de carga de una Electrolinera	16
Figura 6. Modo de carga 1.....	17
Figura 7. Modo de carga 2.....	17
Figura 8. Modo de carga 3.....	18
Figura 9. Modo de carga 4.....	18
Figura 10. Conector Schuko.....	19
Figura 11. Conector SAE J1772.....	19
Figura 12. Conector Mennekes.....	20
Figura 13. Conector CHAdeMO	20
Figura 14. Conector SCAME	21
Figura 15. Conector CEEform.....	21
Figura 16. Conector CCS	22
Figura 17. Conector SAE J1772 Combo	22
Figura 18. Vehículo Eléctrico Blazer RS	23
Figura 19. Mapa de radiación solar global real promedio diario anual real del cantón Cuenca	24
Figura 20. Proceso para aprobación de cronograma y ejecución de Pruebas Técnicas, previas a la Declaración en Operación Comercial de Centrales o Unidades de Generación categoría A	33
Figura 21. Modalidades de autoabastecimiento	35
Figura 22. Diagrama resumen para aceptar a trámite una solicitud de Factibilidad de Conexión Preliminar.....	38
Figura 23. Diagrama resumen para aceptar a trámite una solicitud de Factibilidad de Conexión Definitiva	39
Figura 24. Ubicación de Estaciones de Carga Propuestas y Existentes en Cuenca, Ecuador	42
Figura 25. NASA POWER – DAV	43
Figura 26. Curva de Demanda Eléctrica de una electrolinera de 6 kW.....	46
Figura 27. Pseudocódigo de Python	47
Figura 28. Ingreso de Datos y Modelación en Homer.....	49
Figura 29. Diagrama de Infraestructura de Carga	52
Figura 30. Diagrama Unifilar Mall del Río	66

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Categoría de Centrales de Generación	31
Tabla 2. Rango de voltaje dentro del cual una Central de Generación debe permanecer conectada a la red y mantenerse en operación.....	32
Tabla 3. Costos nivelados de energía, en ctvs/kWh, a los que se liquidará la energía que produzcan las CGD.....	37
Tabla 4. Irradiación y Temperatura	44
Tabla 5. Distribución Energética del Sistema Fotovoltaico: Generación, Demanda e Inyección en Centros Comerciales	59
Tabla 6. Caída de Tensión y Relación de Transformación, Mall del Río	60
Tabla 7. Caída de Tensión y Relación de Transformación, Batán Shopping.....	60
Tabla 8. Caída de Tensión y Relación de Transformación, Monay Shopping.....	60
Tabla 9. Caída de Tensión y Relación de Transformación, Racar Plaza.....	61
Tabla 10. Caída de Tensión de los Módulos en el tramo Paneles Solares - Inversor.....	61
Tabla 11. Dimensionamiento y Generación de Energía en Electrolineras con Sistemas Fotovoltaicos	63
Tabla 12. Análisis de la Distribución y Disponibilidad de Espacios para la Instalación de Paneles Solares en Centros Comerciales de Cuenca	63
Tabla 13. Análisis de Compatibilidad entre Paneles Solares e Inversor GROWATT MAX 75KTL3-XL2.....	64
Tabla 14. Evaluación de Parámetros Eléctricos para la Integración de Paneles Solares con el Inversor FRONIUS TAURO 50KW	64
Tabla 15. Costo de Inversión Total de Sistema Fotovoltaico con Electrolineras.....	69
Tabla 16. Estimación Anual de ingresos del Sistema Fotovoltaico (0.08 USD/kWh) en Mall del Río	70
Tabla 17. Estimación Anual de ingresos del Sistema Fotovoltaico (0.08 USD/kWh) en Batán Shopping.....	70
Tabla 18. Estimación Anual de ingresos del Sistema Fotovoltaico (0.08 USD/kWh) en Monay Shopping	71
Tabla 19. Estimación Anual de ingresos del Sistema Fotovoltaico (0.08 USD/kWh) en Racar Plaza	71
Tabla 20. Estimación Anual de ingresos del Sistema Fotovoltaico (0.19 USD/kWh) en Mall del Río	72
Tabla 21. Estimación Anual de ingresos del Sistema Fotovoltaico (0.19 USD/kWh) en Batán Shopping.....	73
Tabla 22. Estimación Anual de ingresos del Sistema Fotovoltaico (0.19 USD/kWh) en Monay Shopping	73
Tabla 23. Estimación Anual de ingresos del Sistema Fotovoltaico (0.19 USD/kWh) en Racar Plaza	74
Tabla 24. Análisis de inversión y rentabilidad con 0.08ctvs	77
Tabla 25. Análisis de inversión y rentabilidad con 0.19ctvs	78

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Curva de Demanda Eléctrica, Mall del Río	48
Gráfica 2. Curva de Demanda Eléctrica, Batán Shopping, Monay Shopping, Racar Plaza.	49
Gráfica 3. Irradiación y Temperatura, Mall del Río	56
Gráfica 4. Irradiación y Temperatura, Batán Shopping.....	57
Gráfica 5. Irradiación y Temperatura, Monay Shopping.....	57
Gráfica 6. Irradiación y Temperatura, Racar Plaza	58
Gráfica 7. Rentabilidad vs. Tiempo de Recuperación con \$0.08 USD/kWh	76
Gráfica 8. Rentabilidad vs. Tiempo de Recuperación con \$0.19 USD/kWh	77

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Datos de las primeras 20 simulaciones de las curvas de demanda generadas por Python, Mall del Río.....	89
Anexo B. Datos de las segundas 20 simulaciones de las curvas de demanda generadas por Python y su media, Mall del Río	91
Anexo C. Datos de las primeras 20 simulaciones de las curvas de demanda generadas por Python, Batán Shopping, Monay Shopping y Racar Plaza	93
Anexo D. Datos de las segundas 20 simulaciones de las curvas de demanda generadas por Python y su media, Batán Shopping, Monay Shopping y Racar Plaza	95
Anexo E. Proforma Mall del Río.....	98
Anexo F. Proforma Batán Shopping.....	99
Anexo G. Proforma Monay Shopping.....	100
Anexo H. Proforma Racar Plaza.....	101
Anexo I. Estimación de la rentabilidad (0.08 USD/kWh): VAN y TIR, Mall del Río	102
Anexo J. Estimación de la rentabilidad (0.08 USD/kWh): VAN y TIR, Batán Shopping.	103
Anexo K. Estimación de la rentabilidad (0.08 USD/kWh): VAN y TIR, Monay Shopping	104
Anexo L. Estimación de la rentabilidad (0.08 USD/kWh): VAN y TIR, Racar Plaza.....	104
Anexo M. Estimación de la rentabilidad (0.19 USD/kWh): VAN y TIR, Mall del Río	105
Anexo N. Estimación de la rentabilidad (0.19 USD/kWh): VAN y TIR, Batán Shopping	106
Anexo O. Estimación de la rentabilidad (0.19 USD/kWh): VAN y TIR, Monay Shopping	106
Anexo P. Estimación de la rentabilidad (0.19 USD/kWh): VAN y TIR, Racar Plaza.....	107
Anexo Q. Red Proyectada, Mall del Río	109
Anexo R. Red Proyectada de Ductos, Mall del Río	110
Anexo S. Red Proyectada, Batán Shopping	111
Anexo T. Red Proyectada de Ductos, Batán Shopping	112
Anexo U. Red Proyectada, Monay Shopping.....	113
Anexo V. Red Proyectada de Ductos, Monay Shopping.....	114
Anexo W. Red Proyectada, Racar Plaza.....	115
Anexo X. Red Proyectada de Ductos, Racar Plaza	116
Anexo Y. Diagrama Unifilar Batán Shopping.....	117
Anexo Z. Diagrama Unifilar Monay Shopping.....	118
Anexo AA. Diagrama Unifilar Racar Plaza	119

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

La evolución de la movilidad eléctrica y el surgimiento de los vehículos eléctricos (VE) se remonta a finales del siglo XIX, cuando los primeros prototipos eléctricos competían con los motores de combustión interna y los vehículos de vapor. Los vehículos eléctricos fueron populares a principios del siglo XX debido a su operación silenciosa y fácil manejo. Sin embargo, factores como el bajo costo de la gasolina y las limitaciones tecnológicas de las baterías llevaron al declive de estos vehículos a mediados del siglo XX. No fue hasta las últimas décadas, con avances en baterías de ion-litio y un creciente enfoque en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, que los vehículos eléctricos resurgieron como una solución viable para la movilidad sostenible (Burton, 2013).

Por otro lado, señalan que el avance tecnológico en los sistemas de propulsión eléctrica, junto con las políticas gubernamentales y las iniciativas globales para combatir el cambio climático, ha impulsado significativamente el desarrollo de la infraestructura para vehículos eléctricos, incluidas las electrolineras. Denton (2020) resalta que las electrolineras alimentadas por fuentes renovables, como la energía solar, representan una oportunidad clave para reducir la dependencia de combustibles fósiles y disminuir las emisiones de CO₂, contribuyendo a los objetivos de sostenibilidad a nivel global (Denton, 2020).

El cambio climático y la creciente crisis ambiental han incentivado la transición hacia fuentes de energía más limpias y sostenibles. La dependencia de los combustibles fósiles ha generado no solo un impacto negativo en el medio ambiente, sino también una inestabilidad económica debido a la volatilidad de los precios de estos recursos. Frente a este escenario, las energías renovables han emergido como la alternativa más prometedora para garantizar un desarrollo energético sostenible a largo plazo. Entre estas, la energía solar fotovoltaica destaca por su abundancia, bajo impacto ambiental y rápida evolución tecnológica ((IRENA), 2020).

A nivel mundial, la energía solar se ha consolidado como una opción viable para la generación de electricidad tanto en zonas urbanas como rurales. Su aplicación no solo ha permitido reducir las emisiones de CO₂, sino también fomentar la autosuficiencia energética y reducir los costos a largo plazo (Ecuador, 2021).

Con la creciente adopción de vehículos eléctricos en Cuenca, se ha vuelto indispensable desarrollar una infraestructura de recarga eficiente y accesible. Las electrolineras, estaciones donde los vehículos eléctricos pueden recargar sus baterías, son un componente crucial de este ecosistema. Sin embargo, para maximizar los beneficios ambientales de los vehículos eléctricos, es necesario que la electricidad utilizada en estas estaciones provenga de fuentes limpias. En este sentido, la energía solar fotovoltaica se perfila como la opción ideal para abastecer de energía renovable a las electrolineras, ya que puede instalarse en techos de edificios y aprovechar grandes áreas como los estacionamientos de centros comerciales ((IEA), 2020).

Los centros comerciales en Cuenca son espacios estratégicos para la instalación de electrolinerías con paneles solares, no solo por su alta afluencia de usuarios, sino también por la disponibilidad de techos amplios y estacionamientos que pueden convertirse en plantas solares. Esto permitiría no solo abastecer la demanda de los vehículos eléctricos, sino también reducir la factura energética del centro comercial, generando un ahorro significativo a mediano y largo plazo (González & Pérez, 2019). Además, integrar energías renovables en estos espacios podría mejorar la imagen corporativa de los centros comerciales y atraer a un segmento de clientes concienciados con el medio ambiente ((IRENA), 2020).

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal evaluar la viabilidad técnica de la integración de electrolinerías con energía fotovoltaica en centros comerciales de Cuenca, Ecuador. Para ello, se llevará a cabo un análisis exhaustivo del potencial de radiación solar disponible, y los requerimientos técnicos para la instalación de sistemas fotovoltaicos en estos espacios. También se explorarán los incentivos y normativas legales que podrían facilitar la adopción de estas tecnologías, y se estudiarán casos de éxito internacionales de integración de energía solar en electrolinerías ((IRENA), 2020) ((IEA), 2020).

Esta investigación busca contribuir a la expansión de la movilidad eléctrica en Cuenca y promover el uso de energía solar como una fuente confiable y sostenible para la operación de electrolinerías.

Justificación.

La transición hacia la movilidad eléctrica es un imperativo global para combatir el cambio climático, y Ecuador no es la excepción en este esfuerzo. La ciudad de Cuenca ha experimentado un crecimiento en la adopción de vehículos eléctricos, lo cual representa una oportunidad para avanzar hacia un modelo de transporte más sostenible y con menores emisiones de carbono. Sin embargo, la falta de una infraestructura de carga adecuada y sostenible se presenta como un obstáculo importante para la expansión de esta tecnología, especialmente en contextos urbanos como los centros comerciales. El desarrollo de electrolinerías que integren sistemas fotovoltaicos, es esencial para reducir la presión sobre la red eléctrica, la cual depende en gran medida de la energía hidroeléctrica, vulnerable a fenómenos climáticos como las sequías prolongadas. Esta situación, además de comprometer la estabilidad del suministro eléctrico, podría limitar el potencial de crecimiento de la movilidad eléctrica. Por lo tanto, la integración de sistemas fotovoltaicos no solo mejoraría la sostenibilidad de las electrolinerías, sino que también contribuiría a la reducción de la huella de carbono de la ciudad.

Desde una perspectiva económica, esta investigación tiene un valor adicional al analizar la rentabilidad de estas inversiones a largo plazo. Al evaluar detalladamente los costos de inversión inicial y los gastos operativos de los sistemas fotovoltaicos integrados a las electrolinerías, se podrán identificar las oportunidades de ahorro en el consumo de energía y los beneficios financieros derivados de la venta de energía excedente a la red. De igual manera, la investigación ofrecerá una visión clara sobre el retorno de inversión (ROI) y otros indicadores financieros que permitirán determinar si esta tecnología es económicamente

sostenible para los centros comerciales y las empresas involucradas en la gestión de estas infraestructuras.

Asegurar un suministro energético estable y limpio para la infraestructura de Cuenca. La promoción de un sistema de transporte más ecológico y la creación de empleos en sectores relacionados con las energías renovables y la movilidad eléctrica generarán impactos positivos a nivel local, contribuyendo al bienestar de la comunidad y al cumplimiento de los compromisos de sostenibilidad del país.

Por todo lo anterior, la investigación sobre la integración de sistemas fotovoltaicos en electrolineras, es clave para enfrentar los desafíos energéticos, sociales y económicos que plantea la movilidad eléctrica en Cuenca; subrayando la relevancia de desarrollar soluciones innovadoras que permitan la expansión de esta tecnología, alineándose con los objetivos de sostenibilidad del Ecuador y los compromisos globales para mitigar el cambio climático.

1.1 Objetivos

1.1.1 *Objetivo General.*

Analizar la viabilidad técnica y económica de la integración de electrolineras con energía fotovoltaica, mediante simulación de sistemas fotovoltaicos y parámetros eléctricos de una electrolinera de carga semi-rápida, determinando los requerimientos técnicos y financieros para la implementación de energías renovables con electrolineras.

1.1.2 *Objetivos Específicos.*

- Fortalecer los conceptos sobre electrolineras, sistemas fotovoltaicos, estaciones de carga y vehículos eléctricos, mediante la búsqueda y análisis de información en gestores de bases científicas, enfocándose en fuentes actualizadas y de alta calidad, de manera que se obtenga una base teórica sólida que respalde la implementación técnica y científica de la integración de sistemas fotovoltaicos en electrolineras.
- Seleccionar cuatro centros comerciales en la ciudad de Cuenca, analizando sus características de tamaño, representatividad geográfica, datos demográficos y ubicación, identificando los sitios apropiados para la integración efectiva de energía renovable en la infraestructura de carga eléctrica.
- Evaluar los requerimientos técnicos para la implementación de sistemas fotovoltaicos conectados a la red en electrolineras, analizando las normativas técnicas, componentes esenciales y sistemas On Grid, garantizando una instalación eficiente y segura que cumpla con los estándares establecidos.
- Evaluar la viabilidad económica de la integración de electrolineras con sistemas fotovoltaicos conectados a la red en centros comerciales de Cuenca, a través de un análisis detallado que considere los costos de inversión inicial, los gastos operativos y el cálculo del retorno de inversión, determinando si la implementación de estos sistemas es financieramente rentable y sostenible a largo plazo.

1.2 Metodología.

El presente estudio se llevará a cabo bajo un enfoque cuantitativo, orientado al análisis de datos medibles y estadísticos relacionados con el recurso solar disponible, la eficiencia de los paneles fotovoltaicos y las características técnicas de los equipos de carga destinados a electrolinerías. Dada la escasez de información específica sobre la implementación de sistemas fotovoltaicos (SFV) en electrolinerías en la región, la investigación también adoptará un carácter exploratorio.

En primer lugar, se llevará a cabo un fortalecimiento de los conceptos relacionados con electrolinerías, sistemas fotovoltaicos, estaciones de carga y vehículos eléctricos. Para ello, se realizará una búsqueda exhaustiva de información en gestores de bases científicas, priorizando fuentes actualizadas y de alta calidad. A través de una revisión crítica de la literatura, se identificarán y resumirán conceptos clave y avances tecnológicos, lo que permitirá elaborar un marco teórico sólido que respalde la implementación técnica y científica de la integración de sistemas fotovoltaicos en electrolinerías.

En segundo lugar, se procederá a seleccionar cuatro centros comerciales en la ciudad de Cuenca. Los lugares serán seleccionados por su alta afluencia de público y ubicación estratégica cerca de rutas vehiculares. Se realizará un análisis detallado de sus características, como el tamaño, representatividad geográfica, datos demográficos y ubicación. Además, se llevará a cabo una evaluación física en cada sitio para estimar la capacidad de los sistemas fotovoltaicos, considerando factores climáticos y de radiación solar, con el objetivo de maximizar la eficiencia en la generación de energía. El dimensionamiento y la integración de los sistemas fotovoltaicos se realizarán utilizando el software HOMER, modelando diferentes configuraciones a partir de datos meteorológicos obtenidos de la plataforma NASA POWER. Este análisis proporcionará una visión clara sobre las oportunidades y desafíos asociados a la implementación de electrolinerías en los centros comerciales seleccionados.

En tercer lugar, se empleará un enfoque metodológico basado en la formulación y verificación de hipótesis para evaluar los requerimientos técnicos necesarios para la implementación de sistemas fotovoltaicos conectados a la red en electrolinerías. Como parte central del análisis, se realizará una simulación detallada de las electrolinerías utilizando software especializado como HOMER, para modelar el comportamiento del sistema integrado, considerando variables como la demanda energética, la radiación solar disponible y el desempeño de los paneles fotovoltaicos en las ubicaciones seleccionadas. Adicionalmente, se llevará a cabo un análisis exhaustivo de las normativas técnicas vigentes, los sistemas On Grid y los componentes esenciales, garantizando que la instalación cumpla con los estándares de eficiencia y seguridad requeridos.

Finalmente, se realizará un análisis económico detallado para evaluar la viabilidad financiera de la integración de electrolinerías con sistemas fotovoltaicos conectados a la red en los centros comerciales seleccionados. Este análisis incluirá la estimación de los costos de

inversión inicial, como la adquisición de paneles solares, inversores, estaciones de carga y los costos de instalación. También se tomarán en cuenta los gastos operativos a largo plazo, tales como el mantenimiento de los sistemas, el reemplazo de componentes y los costos asociados al funcionamiento de las electrolinerías. Para evaluar la rentabilidad de la inversión, se calculará el retorno de inversión (ROI), el Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). Este enfoque permitirá determinar si la implementación de los sistemas fotovoltaicos es financieramente sostenible a largo plazo.

A partir de los resultados obtenidos en la simulación y el análisis normativo, se formularán conclusiones y recomendaciones, ofreciendo propuestas prácticas para la integración efectiva de sistemas fotovoltaicos en electrolinerías.

1.3 Estado de Arte.

En la tesis de García Herrera & Minchala Ávila (2023), el objetivo principal es definir las condiciones técnicas, económicas y ambientales necesarias para la implementación de electrolinerías en Azogues, Ecuador. Este estudio se enfoca en la integración de sistemas fotovoltaicos como una alternativa sostenible para suministrar energía a estas estaciones de carga, con el fin de disminuir la dependencia de la red eléctrica convencional y contribuir a la transición hacia un modelo energético más sostenible. La metodología empleada incluye el estudio de cinco lugares candidatos considerando su densidad de flujo vehicular, mediante el método multicriterio Promethee, determinado que el lugar más apto para la integración de una electrolinería es el Centro Comercial Bartolomé Serrano. Se realizó un análisis financiero exhaustivo que abarca costos de instalación, operación y mantenimiento, así como la proyección de ahorros a largo plazo. Este enfoque metodológico proporciona una visión integral de la viabilidad técnica y económica de los proyectos propuestos. Los resultados relacionados con la tasa interna de retorno (TIR) muestran que, aunque en el primer año no se recupera el capital invertido, a partir del segundo año comienza a generarse un retorno del 21%. Este valor sigue aumentando con el tiempo, hasta estabilizarse en un 112% desde el año 15. Esto indica que, basándose en este índice, el proyecto presenta viabilidad financiera. En cuanto al valor presente neto (VPN), la condición para que un proyecto sea considerado rentable es que su valor sea positivo. En el caso del centro comercial Bartolomé Serrano, se cumple con este criterio, obteniendo un VPN de 634.667 dólares. Por último, el índice de razón beneficio-costos (RBC) presenta un valor superior a 1, específicamente 6,28, lo que indica que los beneficios del proyecto superan sus costos, por lo que se puede concluir que el proyecto es viable para su ejecución.

El proyecto de Cuenca Alvarado & Pozo Villegas (2016) buscó realizar un análisis técnico y económico de una planta fotovoltaica que se conectará a la red de distribución pública de la alimentadora de la subestación "Puerto Santa Ana", perteneciente a CNEL-EP, unidad de negocio Guayaquil. Esta planta también tiene como finalidad abastecer una estación de carga eléctrica para automóviles situada en el sector de Puerto Santa Ana, en la ciudad de Guayaquil. Este objetivo refleja la necesidad de integrar fuentes de energía renovables en el suministro eléctrico local, al tiempo que se promueve la sostenibilidad y la reducción de la huella de carbono en la región. Para llevar a cabo el proyecto, se establece un marco teórico

sobre la energía solar y su aplicación en la generación eléctrica mediante paneles fotovoltaicos, considerando aspectos como su construcción y tipos. Posteriormente, se realizará un estudio de ubicación para la planta, priorizando la cercanía a una subestación eléctrica que esté actualmente sobrecargada o que pueda estarlo en el futuro. Se utilizarán bases de datos de radiación, como Meteonorm y NASA, para estimar la radiación del lugar seleccionado. Además, se calcularán las cantidades de paneles solares y sus especificaciones técnicas. Finalmente, se realizará un análisis económico que incluya el estudio de la paridad de la red y el costo de la energía para los usuarios de vehículos eléctricos. Se diseñó una planta generadora de electricidad que emplea energía solar fotovoltaica, contribuyendo a la reducción de la contaminación ambiental. Los análisis de sombreado, realizados con el software PVSYST, determinaron que "la orientación óptima de los paneles maximiza el rendimiento de la planta, alcanzando un 73.4%" (Cuenca Alvarado & Pozo Villegas, 2016). Se estima que la planta generará aproximadamente 970 MWh anuales, satisfaciendo parte de la demanda de energía de la alimentadora "Puerto Santa Ana 2" y reduciendo las emisiones de CO₂ en 503.91 toneladas anuales. Sin embargo, el cálculo del costo nivelado de la energía (LCOE) fue de 0.22 \$/kWh, evidenciando que "el proyecto no es rentable bajo las actuales tarifas eléctricas subsidiadas en el país" (Cuenca Alvarado & Pozo Villegas, 2016), lo que resalta la necesidad de incentivos para el desarrollo del sector de energía fotovoltaica en Ecuador.

El estudio de Jaramillo Ortiz (2017) tuvo como objetivo principal evaluar la viabilidad técnica y económica de implementar una electrolinera en la costa de Ecuador. Se buscó utilizar energía solar para abastecer la creciente demanda de vehículos eléctricos y contribuir a la sostenibilidad ambiental, reduciendo la huella de carbono en la región. La metodología incluyó la recopilación de datos meteorológicos y la modelación de la producción energética de un sistema fotovoltaico. Se realizaron análisis económicos calculando el TIR y el VAN, considerando factores como la inversión inicial, costos operativos y tarifas eléctricas. Además, se analizó el impacto de incentivos gubernamentales y políticas de energía renovable en la viabilidad del proyecto. Los resultados indicaron que la electrolinera podría satisfacer la demanda de energía de vehículos eléctricos, con 800 paneles de 250 Wp, produciendo una energía anual de 247,059 MWh. "El VAN resulta positivo a los 20 años de ejecutado el proyecto, con una tasa de retorno del 9%" (Jaramillo Ortiz, 2017) lo que hizo que el proyecto fuera rentable a un periodo largo de tiempo.

El proyecto de Arnau López (2023) tuvo como objetivo principal desarrollar un sistema integrado de energía solar fotovoltaica y electrolinera en una estación de servicio en la Autovía A-3, a la altura de Tébar, Cuenca, que maximizará el autoconsumo energético, promoviera la movilidad sostenible y garantizará la viabilidad económica del proyecto a largo plazo. Para ello se llevó a cabo un enfoque multifase que incluyó el análisis del recurso solar mediante herramientas de simulación como HOMER, el dimensionado de la instalación fotovoltaica y la electrolinera, y la evaluación del balance energético y los costos. Se realizaron estudios de demanda para estimar la cantidad de vehículos eléctricos en el área y se analizaron los aspectos económicos utilizando diferentes escenarios de inversión, incluyendo la consideración de subvenciones. Finalmente, se evaluó la normativa vigente

relacionada con el autoconsumo y la infraestructura de recarga para asegurar el cumplimiento legal (Ley 7/2021; Orden TED/1009/2022). El proyecto demostró la viabilidad técnica y económica de la integración de un sistema fotovoltaico de 111,15 kWp y una electrolinera con dos puntos de recarga, permitiendo cubrir aproximadamente el 28% del consumo energético anual de la estación de servicio. Se previó que, bajo las condiciones evaluadas, la implementación resultara en un retorno positivo de la inversión, con un Payback estimado entre 4 y 7 años, contribuyendo a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y al fomento de la movilidad sostenible en la región.

El objetivo principal de Calle Macancela & Sarango Chuquimarca (2018) fue determinar la viabilidad técnica y económica para la implementación de fotolineras (estación de carga para vehículos eléctricos alimentada por energía solar) en Cuenca, mediante un análisis exhaustivo de la radiación solar y la identificación de ubicaciones estratégicas para su instalación. Este estudio buscó promover el uso de energías renovables, específicamente la energía solar, para abastecer la recarga de vehículos eléctricos y contribuir a la sostenibilidad ambiental en la región. La metodología empleada consistió en la recopilación de datos estadísticos sobre la radiación solar en Cuenca a partir de estaciones meteorológicas del Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER). Se llevó a cabo un análisis de estos datos para identificar zonas de alta radiación, seguido de cálculos para determinar los componentes necesarios de la fotolinera, como paneles fotovoltaicos, reguladores de tensión e inversores. Además, se realizó un estudio de costos y se evalúa el impacto ambiental relacionado con la instalación de las fotolineras, considerando normativas internacionales. Los resultados indicaron que la implementación de fotolineras en las ubicaciones identificadas podría generar energía a un costo de \$0.034/kWh, lo que representó una reducción del 25.77% en comparación con el costo de generación de energía de una central hidroeléctrica (\$0.0458/kWh). Se diseñó un modelo estructural para una fotolinera capaz de recargar cuatro vehículos eléctricos, cumpliendo con la Normativa Técnica Ecuatoriana INEN 2248. La investigación concluyó que la utilización de paneles solares para la recarga de vehículos eléctricos no solo es económicamente viable, sino que también aporta beneficios ambientales significativos, maximizando el potencial solar de Ecuador.

El objetivo del proyecto de Melchor Peña (2022) fue diseñar e implementar una fotolinera gratuita en el parking del centro comercial Coso Real, en Huesca, con el fin de promover el uso de vehículos eléctricos en una región con creciente demanda y facilitar el acceso a estaciones de carga para turistas y clientes locales. La metodología incluyó un estudio de mercado que analizó la situación actual de los vehículos eléctricos en Aragón y el uso de la herramienta PVGIS para evaluar la irradiancia y las horas de sol en la localización propuesta. Además, se consideró la normativa vigente Técnica Complementaria (ITC) BT 52 “Instalaciones con fines especiales. Infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos” para diseñar una instalación de autoconsumo con excedentes. Los resultados indican que la instalación fotovoltaica de 64,75 kWp, con 175 módulos solares de 370 Wp de potencia, tiene un tiempo estimado de amortización de 5 años y 6 meses; el proyecto destaca la importancia de establecer una red pública de estaciones de carga para incentivar la adquisición de vehículos eléctricos y mejorar la competitividad en el mercado.

El objetivo principal de Trejos Vanegas & Alfonso Bejarano (2022) fue diseñar un sistema fotovoltaico para una red de electrolinerías que conecte las regiones de Barranquilla, Cartagena y Montería. Se buscó abastecer la demanda de energía de vehículos eléctricos utilizando la energía solar, asegurando que las electrolinerías puedan operar de manera eficiente y sostenible a lo largo de esta ruta estratégica. La metodología incluyó la selección de equipos solares como paneles monocristalinos Longi de 450 W y cargadores ABB de 50 kW (DC) y 43 kW (AC), considerando factores como la irradiación solar, la cantidad de vehículos, y el diseño de un sistema de 288 paneles solares y 3 inversores de 36 kW. Se realizó un análisis de tráfico vehicular y pérdidas energéticas para garantizar el abastecimiento. El sistema propuesto cubriría el 100 % de la demanda energética durante las horas solares pico (HSP), con un retorno de inversión del 35 % y una ganancia neta de 599.751.548 COP al final del proyecto. Se estableció que el sistema es económicamente viable con un período de recuperación de 2,8 años y un índice de rentabilidad de 1,79.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

El auge de los vehículos eléctricos ha transformado el panorama de la movilidad sostenible en todo el mundo. Esta transición plantea nuevos desafíos para la infraestructura de carga, especialmente en lo que respecta a la sostenibilidad del suministro energético. En este contexto, la integración de sistemas fotovoltaicos en las electrolinerías surge como una solución innovadora para mejorar la eficiencia energética y reducir la dependencia de las redes eléctricas convencionales.

Este marco teórico aborda los fundamentos técnicos y científicos fundamentales para la integración de sistemas fotovoltaicos en electrolinerías. Se exploran los conceptos clave sobre la energía fotovoltaica, el funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos, las configuraciones de las electrolinerías y los aspectos normativos y económicos asociados a la infraestructura de carga para vehículos eléctricos. Además, se analiza la importancia de la radiación solar y su impacto en la generación de energía, proporcionando un marco integral para comprender la viabilidad de integrar energías renovables en estas infraestructuras.

2.1 Electrolinerías.

Son estaciones de carga diseñadas específicamente para suministrar electricidad a vehículos eléctricos (EVs). Estas instalaciones pueden estar equipadas con distintos tipos de cargadores, según la potencia y la velocidad de carga requerida por los usuarios. La infraestructura de las electrolinerías se ha convertido en un componente esencial para la adopción masiva de la movilidad eléctrica, ya que proporciona la energía necesaria para la operación diaria de los vehículos eléctricos (Gil, 2020).

2.2 Infraestructura de carga para vehículos eléctricos

El crecimiento en la adopción de vehículos eléctricos (VE) ha llevado a un aumento en la demanda de puntos de carga. Las electrolinerías, o estaciones de carga, son una pieza clave en esta infraestructura, proporcionando la energía necesaria para recargar los VE. En países como Noruega y Alemania, el desarrollo de esta infraestructura ha avanzado rápidamente, favorecido por políticas públicas y subsidios que incentivan tanto la compra de vehículos eléctricos como la construcción de electrolinerías (Ellingsen et al., 2017).

A nivel mundial, la electrificación del transporte sigue enfrentando barreras relacionadas con la capacidad y cobertura de la infraestructura de carga, especialmente en regiones donde el crecimiento de la demanda de VE no ha sido acompañado por una expansión adecuada de las estaciones de recarga. La integración de energías renovables, como la solar, se perfila como una alternativa viable para enfrentar estos desafíos, optimizando tanto el costo de operación de las electrolinerías como su impacto ambiental (Wang et al., 2020).

Para implementar una electrolinería eficiente, se requieren varios equipos clave que faciliten la carga de vehículos eléctricos.

A continuación, se detallan algunos de los elementos esenciales:

- **Cargadores de vehículos eléctricos.** Los cargadores de vehículos eléctricos son el componente principal de una electrolinera. Estos equipos suministran la energía eléctrica necesaria para cargar los vehículos. Pueden ser de diferentes tipos, como cargadores de CA (corriente alterna) o cargadores rápidos de CC (corriente continua), y están disponibles en distintas capacidades de potencia. Los cargadores deben ser compatibles con los conectores y estándares utilizados en los vehículos eléctricos comunes (Sánchez Isbes, 2023).
- **Estaciones de carga múltiple.** Con el fin de satisfacer la necesidad de cargar múltiples vehículos simultáneamente, es común tener una o más estaciones de carga múltiple en una electrolinera. Estas estaciones están equipadas con varios puntos de carga, lo que permite a varios vehículos cargar simultáneamente (Moussa y otros, 2021).
- **Infraestructura eléctrica.** Se requiere una infraestructura eléctrica adecuada para suministrar energía a los cargadores. Esto puede incluir transformadores, tableros de distribución, interruptores, cables de alimentación, protección contra sobretensiones y sistemas de protección eléctrica (Sánchez Isbes, 2023).
- **Sistema de gestión de carga.** Un sistema de gestión de carga es esencial para administrar las operaciones de la electrolinera. Puede incluir un software centralizado que monitoree y controle los puntos de carga, registre datos de carga, realice el seguimiento del consumo de energía, gestione el acceso y el cobro, y proporcione informes y análisis (González & Pérez, 2019).
- **Sistemas de pago y autenticación.** Con el propósito de habilitar la facturación y la liquidación de los servicios de carga, se necesitan sistemas de pago y autenticación. Estos pueden incluir terminales de pago que acepten tarjetas de crédito o débito, aplicaciones móviles de pago, o sistemas de identificación y autenticación para usuarios registrados (Sánchez Isbes, 2023).
- **Señalización y pantallas informativas.** Es importante contar con señalización clara y visible que indique la ubicación de la electrolinera y las instrucciones de uso. Además, las pantallas informativas pueden mostrar información sobre la disponibilidad de las estaciones de carga, el estado de carga en curso, las tarifas, los tiempos de carga estimados y otra información relevante para los usuarios. Ver Figura 1. (Alonso y otros, 2020)

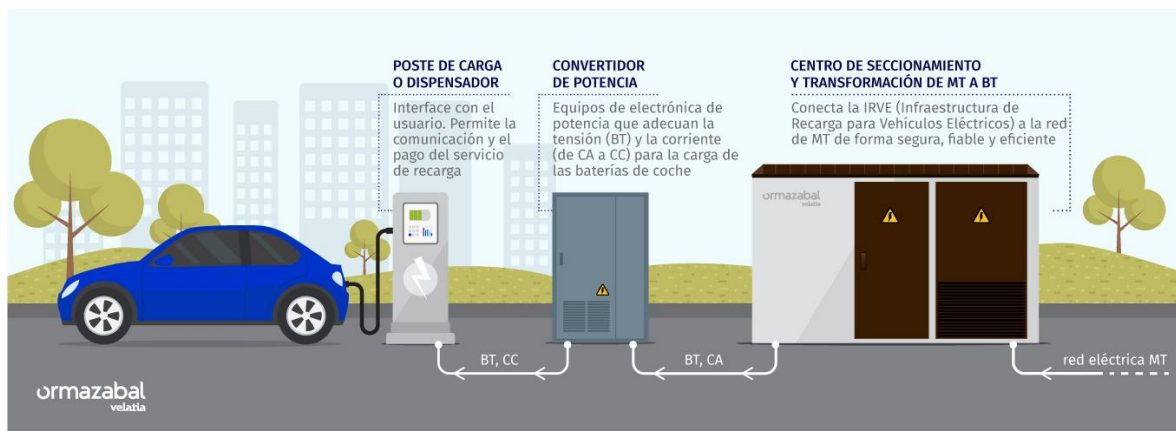


Figura 1. Carga de vehículo con la red y sus componentes

Fuente: (Ormazabal, Transporte sostenible, ejemplos y principales tendencias de la descarbonización del transporte, 2024)

2.3 Tipos de Electrolineras o Estaciones de Carga

Las electrolineras para uso automotriz presentan una variedad de tipos, diseños y arquitecturas que se adaptan a las diversas necesidades del consumidor. Estas instalaciones son fundamentales para el desarrollo de la infraestructura de carga de vehículos eléctricos, permitiendo su implementación en domicilios, estacionamientos, centros comerciales y otros lugares estratégicos donde su utilización sea esencial para facilitar el acceso a la carga. Su diseño debe considerar factores como la facilidad de uso, la seguridad y la eficiencia energética, asegurando así que sean una opción viable y atractiva para los usuarios.

2.3.1 Electrolinera en la Vía Pública

Este tipo de electrolinera estacionaria se compone de un poste que alberga un enchufe diseñado específicamente para la recarga de vehículos eléctricos. Generalmente se instala en las aceras donde los coches suelen estacionarse, ofreciendo a los usuarios la opción de restablecer la carga eléctrica consumida mientras su automóvil permanece estacionado. Este sistema no solo optimiza el tiempo de carga, sino que también contribuye a la reducción de la congestión vehicular al permitir que los conductores carguen sus vehículos mientras realizan otras actividades, como ir de compras o trabajar. Esta modalidad se vuelve especialmente relevante en áreas urbanas densamente pobladas, donde el espacio para estacionar es limitado, como se muestra en la Figura 2, (Universidad Internacional del Ecuador, 2022).



Figura 2. Electrolinera en vía Pública
Fuente: (Universidad Internacional del Ecuador, 2022)

2.3.2 Electrolinera Interna

Las electrolineras internas se encuentran ubicadas en estacionamientos, gasolineras y viviendas, ofreciendo una solución práctica para la carga de vehículos eléctricos en entornos privados. Estas instalaciones se caracterizan por tener uno o más enchufes que permiten conectar varios vehículos simultáneamente, lo que las convierte en una opción ideal para condominios y espacios comerciales donde se requiere atender a múltiples usuarios a la vez. Las mangueras del conector están diseñadas para ubicarse a una altura de entre 0.9 y 1.2 metros sobre el suelo, facilitando el acceso y la conexión de los vehículos sin la necesidad de equipos adicionales. Esta accesibilidad mejora la experiencia del usuario y promueve la adopción de vehículos eléctricos, como se muestra en la Figura 3 (Universidad Internacional del Ecuador, 2022).



Figura 3. Electrolinera Interna
Fuente: (Universidad Internacional del Ecuador, 2022)

2.3.3 *Electrolineras en parqueaderos en centros comerciales*

La implementación de puntos de recarga para vehículos eléctricos en parqueaderos de centros comerciales representa una oportunidad estratégica tanto para la infraestructura de carga como para la experiencia del cliente. Estos espacios son ideales debido a su alta afluencia de público y ofrecen una serie de beneficios que pueden aumentar la satisfacción del cliente y promover el uso de vehículos eléctricos.

Una de las principales ventajas de ubicar puntos de recarga en centros comerciales es que los usuarios suelen permanecer en estos lugares durante períodos prolongados, lo que coincide con el tiempo necesario para cargar sus vehículos. Este aspecto permite que la carga de las baterías se realice de manera más eficiente, ya que los usuarios pueden aprovechar su tiempo realizando compras o disfrutando de otras actividades disponibles en el centro comercial, como restaurantes, cines y áreas recreativas (Rodríguez, 2015). Así, la recarga del vehículo se convierte en una actividad complementaria a la experiencia de compra, aumentando la conveniencia para el usuario.

Además, los centros comerciales suelen contar con la infraestructura eléctrica necesaria para soportar la instalación de estaciones de carga. Esto incluye el acceso a suministros eléctricos adecuados y la posibilidad de implementar sistemas de energía renovable, como paneles solares, que pueden alimentar los puntos de recarga. La integración de tecnologías limpias no solo reduce la huella de carbono del centro comercial, sino que también puede resultar en ahorros significativos en costos operativos a largo plazo (ANDEL, 2016).

La promoción de la movilidad eléctrica en estos espacios también puede contribuir a la imagen de marca del centro comercial, posicionándolo como un lugar comprometido con la sostenibilidad y la innovación. Al ofrecer servicios de carga, los centros comerciales pueden atraer a un público más amplio, especialmente a aquellos que poseen vehículos eléctricos y buscan lugares convenientes para recargar (González A. , 2020).

Para maximizar la efectividad de los puntos de recarga en los parqueaderos de centros comerciales, es esencial implementar un sistema de gestión eficiente que permita a los usuarios conocer la disponibilidad de las estaciones de carga en tiempo real. Esto puede incluir aplicaciones móviles que ofrezcan información sobre el estado de los cargadores, así como opciones de reserva anticipada. Además, proporcionar opciones de carga rápida y semi-rápida puede satisfacer las diversas necesidades de los usuarios, permitiendo que aquellos que necesiten una recarga rápida puedan hacerlo sin inconvenientes (Martínez, 2019) .

Finalmente, la colaboración entre los centros comerciales y las empresas de servicios de carga puede facilitar la instalación y el mantenimiento de los puntos de recarga, creando un modelo de negocio sostenible que beneficie a ambas partes. Esta sinergia puede fomentar una mayor adopción de vehículos eléctricos, contribuyendo así a un futuro más sostenible y ecológico (Pérez y otros, 2021).



*Figura 4. Electrolinera en Centros Comerciales
Fuente: (Leon Duchi & Quituisaca Verdugo, 2019)*

2.3.4 *Clasificación según la potencia que estas suministran.*

Los vehículos eléctricos (VE) dependen de la eficiencia de los sistemas de carga para garantizar su uso continuo. El tiempo de carga de las baterías varía en función de la potencia de los cargadores, los cuales se clasifican en diferentes tipos según la velocidad y capacidad de carga.

- **Carga lenta.** Este tipo de carga se caracteriza por una potencia inferior a los 20 kW, con tiempos de recarga que oscilan entre 3 y 8 horas. Dentro de esta categoría se incluyen las cargas domésticas, que generalmente utilizan menos de 7 kW, requiriendo entre 6 y 8 horas para completar la carga. Este tipo de carga opera mediante una conexión monofásica, con una tensión de red de 220V y una corriente de 32 A (Jaramillo Méndez, 2024).
- **Carga intermedia o semi-rápida.** Con potencias que van desde los 20 hasta los 50 kW, este tipo de carga permite recargar los vehículos en tiempos que varían entre 60 y 90 minutos. Las estaciones de carga semi-rápida son comunes en áreas públicas y en recintos privados, como estacionamientos y centros comerciales. La tensión utilizada en estos sistemas está entre 380V y 420V, con una corriente de 63 (Lugenergy, 2019).
- **Carga rápida.** En esta categoría, la potencia supera los 50 kW, lo que permite cargar las baterías de los vehículos en un tiempo de entre 25 y 35 minutos. Este sistema es capaz de recargar hasta un 80% de la batería en aproximadamente 30 minutos, siendo ideal para viajes largos. Los cargadores rápidos operan con tensiones de hasta 480V y corrientes de 96 (Enerlink, 2019).
- **Carga ultrarrápida.** Este tipo de carga tiene una potencia superior a los 120 kW y está destinada principalmente a infraestructuras avanzadas, como las grandes electroterminales utilizadas por empresas de transporte público e interurbano. Estas estaciones son clave para la recarga rápida de flotas de buses eléctricos, permitiendo una operación eficiente de estos sistemas de transporte masivo (Jaramillo Méndez, 2024).

2.4 Curva de carga de una Electrolinera

La curva de carga de una electrolinera es una representación gráfica que muestra cómo varía la demanda de energía eléctrica a lo largo de un día en una estación de carga para vehículos eléctricos. Esta curva refleja los picos y valles de consumo según el flujo de usuarios que

cargan sus vehículos en diferentes momentos, influido por factores como la ubicación de la estación, los horarios de mayor afluencia y el tipo de cargadores instalados, ver Figura 5.

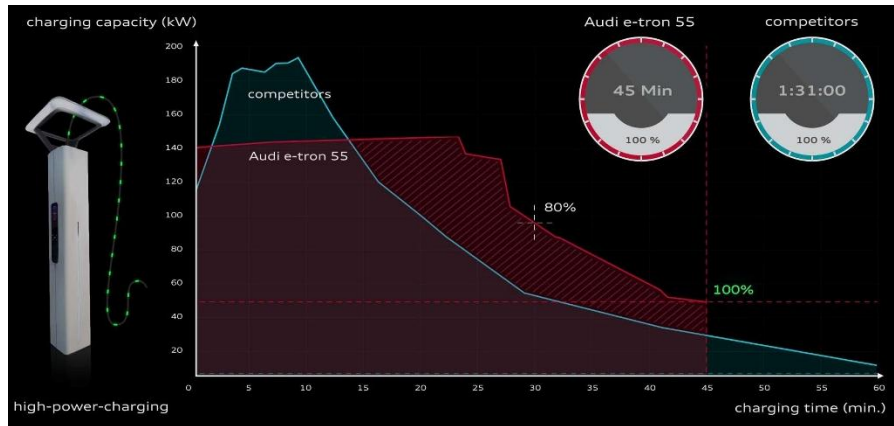


Figura 5. Curva de carga de una Electrolinera
Fuente: (Gear, 2024)

2.5 Modos de Recargas

Los modos de carga para vehículos eléctricos son esenciales para entender cómo se diseñan las electrolineras, ya que determinan la velocidad y la potencia de la recarga. A continuación, se explican los modos de carga más comunes, basados en la norma IEC 61851 (Asociación Española de Normalización y Certificación, 2021):

- **Modo 1 (Carga lenta con corriente alterna, CA)**

En este modo, el vehículo se conecta directamente a una toma de corriente doméstica común (enchufe convencional) utilizando un cable estándar. No se requiere una comunicación específica entre el vehículo y la estación de carga.

Potencia: Generalmente, la carga se realiza a baja potencia, entre 1.4 kW y 3.7 kW, con una intensidad que varía entre 6 A y 16 A.

Tiempo de carga: Puede tardar entre 8 a 12 horas para cargar completamente un vehículo eléctrico, dependiendo de la capacidad de la batería.

Uso común: Es adecuado para vehículos eléctricos pequeños o para la carga nocturna en casa, pero no es óptimo para electrolineras comerciales por su lentitud. Ver Figura 6.

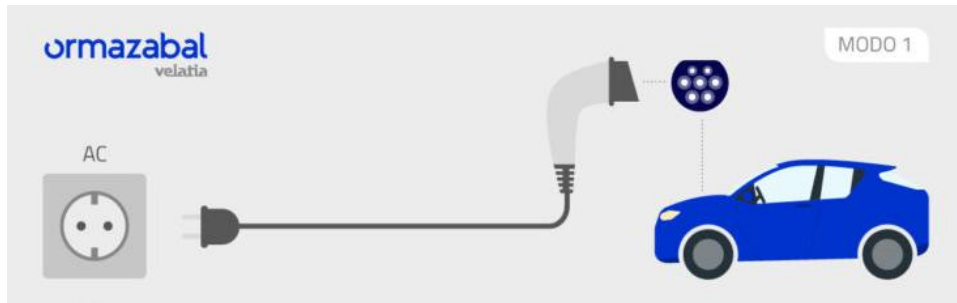


Figura 6. Modo de carga 1
Fuente: (Ormazabal, 2024)

- **Modo 2 (Carga lenta con dispositivo de control de corriente, CA)**

Similar al modo 1, pero incluye un dispositivo de control en el cable que regula la corriente y brinda mayor seguridad. Este control adicional permite que la carga sea más segura en comparación con el modo 1.

Potencia: Entre 3.7 kW y 7.4 kW, con una intensidad de 10 A a 32 A, dependiendo de la configuración de la red eléctrica.

Tiempo de carga: Alrededor de 6 a 10 horas.

Uso común: Este modo es más utilizado en garajes o estacionamientos privados que tienen acceso a la red doméstica, y puede ser una opción para condominios o centros comerciales que implementen puntos de carga de uso prolongado. Ver Figura 7.



Figura 7. Modo de carga 2
Fuente: (Ormazabal, 2024)

- **Modo 3 (Carga semi-rápida con estación de carga dedicada, CA)**

Es el más común para estaciones de carga públicas y privadas en entornos comerciales. Utiliza una estación de carga dedicada que se conecta a la red eléctrica mediante un enchufe especializado y permite la comunicación entre el vehículo y la estación, mejorando la seguridad y la eficiencia.

Potencia: Entre 7.4 kW y 22 kW, lo que permite reducir significativamente los tiempos de carga, con una intensidad de corriente de 16 A a 32 A en redes trifásicas de 400 V.

Tiempo de carga: De 3 a 4 horas para una carga completa, dependiendo de la capacidad de la batería y la potencia de la estación.

Uso común: Ideal para electrolineras en centros comerciales y otros lugares de alto tráfico, ya que permite a los usuarios recargar sus vehículos en un tiempo razonable mientras realizan otras actividades. Ver Figura 8.



Figura 8. Modo de carga 3
Fuente: (Ormazabal, 2024)

- **Modo 4 (Carga rápida con corriente continua, CC)**

Este modo es el más rápido y utiliza corriente continua, lo que requiere estaciones de carga especializadas que pueden suministrar potencias mucho mayores. Estas estaciones permiten que el vehículo cargue directamente desde la fuente de alimentación sin depender del cargador interno del automóvil.

Potencia: Generalmente varía entre 50 kW y 350 kW, con una intensidad de 125 A a 400 A, lo que reduce el tiempo de carga considerablemente

Tiempo de carga: Puede cargar entre un 80% y 90% de la batería en tan solo 20 a 40 minutos.

Uso común: Es ideal para estaciones de carga en carreteras o electrolineras de paso, donde los usuarios necesitan recargar sus vehículos rápidamente. Este modo es más costoso y requiere una infraestructura más robusta (International Electrotechnical Commission, 2017).

Los modos 3 y 4, ya que son los más adecuados para centros comerciales debido a la relación entre el tiempo de estancia de los vehículos y la necesidad de una carga eficiente. El modo 3 (semi-rápido) es especialmente relevante dado que ya se mencionó que esta es una opción atractiva para estos entornos. Ver Figura 9.

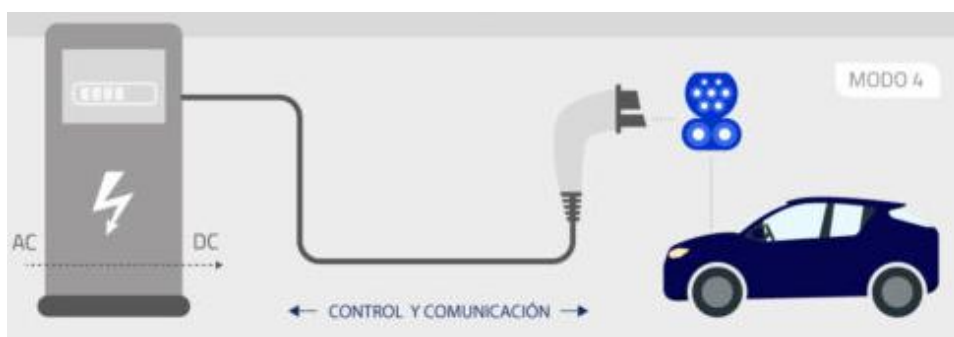


Figura 9. Modo de carga 4
Fuente: (Ormazabal, 2024)

2.6 Tipos de Conectores

Los tipos de conectores presentados a continuación han sido

- **Schuko**

Conector convencional que va junto al lado de la pared, compatible con los Modos de carga 1 y 2, mismos que son extendidos para motos y bicicletas eléctricas. Consta de dos pines cilíndricos (línea, neutro), dos contactos laterales (tierra) y su intensidad máxima de corriente es de 16 A, con tensiones menores a 250 V. Ver Figura 10.



*Figura 10. Conector Schuko
Fuente: (Plaza, 2013)*

- **SAE J1772**

Denominado también como Tipo 1 según la norma IEC 62196-2, desarrollado en Estados Unidos por la Sociedad de Ingenieros de la Automoción. Consta de cinco pines: línea (L1), neutro (N), protección de tierra (PE) y dos pines de señalización (PP y CP). Tiene una intensidad máxima de corriente de 32 A, con tensiones iguales a 230 V. Ver Figura 11.



*Figura 11. Conector SAE J1772
Fuente: (Powering Car, 2020)*

- **Mennekes**

Conocido técnicamente como VDE-AR-E 2623-2-2, desarrollado por Mennekes en colaboración de RWE y Daimler, denominado también como Tipo 2 de acuerdo a la norma IEC 62196-2. Consta con siete pines: tres líneas (L1, L2, L3), neutro (N), protección de tierra (PE) y dos pines de señalización (PP y CP). Su intensidad de corriente puede variar entre los menos 70 A con una tensión de 230 V y una intensidad de corriente menor a 63 A con una tensión de 400 V. Ver Figura 12.



*Figura 12. Conector Mennekes
Fuente: (Electromovilidad, 2025)*

- **CHAdeMO**

Conocido también como Tipo 4 según la norma IEC 62196-3, fue diseñado exclusivamente para una recarga rápida en corriente continua. Consta de diez pines: dos de potencia, siete para comunicaciones y señalización, uno libre. Tiene una intensidad máxima de corriente de 200 A y una tensión de 500 V en continua. Ver Figura 13.



*Figura 13. Conector CHAdeMO
Fuente: (Nikhil, 2021)*

- **SCAME**

Denominado como Tipo 3 por la norma IEC 62196-2, es compatible con el Modo 3 y es utilizado en micro-coches eléctricos. Consta de siete pines: tres líneas de alterna (L1, L2, L3), neutro (N), protección de tierra (PE) y dos pines de señalización (PP y CP). Tiene una intensidad máxima de corriente de 32 A y una tensión de 400 V en alterna. Ver Figura 14.



*Figura 14. Conector SCAME
Fuente: (Electromovilidad, 2025)*

- **CEEform**

Son tomas de corriente de uso industrial, también conocidos como CEE de acuerdo a la norma IEC 60309. Es utilizado en corrientes monofásicas con un voltaje de 230 V y en corrientes trifásicas con un voltaje de 400 V. Ver Figura 15.



*Figura 15. Conector CEEform
Fuente: (Advanced Fleet Management Consulting, 2019)*

- **CCS**

También conocido como Combo 2, consta de cinco pines: dos de potencia, uno de protección de tierra (PE) y dos de señalización (PP y CP). Tiene una intensidad máxima de corriente de 200 A y una tensión de 850 V en continua. Es utilizado en el Modo 4. Ver Figura 16.



*Figura 16. Conector CCS
Fuente: (Advanced Fleet Management Consulting, 2019)*

- **SAE J1772 Combo**

Conocido como Combo1, o Hybrid J1772 Connector, consta con tecnología PLC para uso en Smart Grids. Es utilizado en cargas con tensiones de 200 - 450V y corrientes de 80 A para potencias de 36 kW, o a su vez con intensidades de corriente de 200 A en potencias hasta los 90 kW. Ver Figura 17, (Ripoll, 2018).



*Figura 17. Conector SAE J1772 Combo
Fuente: (Ripoll, 2018)*

2.7 Vehículos Eléctricos

Los vehículos eléctricos (VE) son aquellos propulsados por uno o más motores eléctricos, utilizando la energía almacenada en baterías recargables. A diferencia de los vehículos de combustión interna, que dependen de la quema de combustibles fósiles, los VE transforman la energía eléctrica en energía mecánica para generar movimiento. La tracción puede ser proporcionada por motores rotativos o no rotativos, y en algunos casos, por sistemas de magnetismo, como en trenes de levitación magnética. Este tipo de vehículos incluye una amplia variedad, como motocicletas, bicicletas y coches eléctricos, siendo estos últimos los principales protagonistas en la transición hacia una movilidad más sostenible y respetuosa con el medio ambiente. Ver Figura 18.



*Figura 18. Vehículo Eléctrico Blazer RS
Fuente: (Chevrolet, 2024)*

2.7.1 Tipos de vehículos eléctricos

Trashorras Montecelos (2019), en su libro, se pueden identificar los siguientes tipos de vehículos eléctricos:

- **100% Eléctrico (BEV).**

Este tipo de vehículo, conocido también como coche a baterías o eléctrico puro, utiliza exclusivamente uno o varios motores eléctricos y no incluye ningún motor de combustión interna. Los motores eléctricos se alimentan mediante baterías que se cargan principalmente desde la red eléctrica.

- **Híbrido Eléctrico no Enchufable (HEV).**

Estos vehículos combinan un motor de combustión interna y uno o varios motores eléctricos. Dependiendo de su diseño, pueden funcionar con el motor eléctrico o con una combinación de ambos sistemas. Aunque las baterías no se pueden recargar conectándolas a la red eléctrica, se recargan mediante sistemas de frenado regenerativo o utilizando el motor de combustión interna.

- **Híbrido Enchufable (PHEV).**

Similar a los HEV, pero con la capacidad de recargar sus baterías conectándolas a la red eléctrica. Estos vehículos combinan un motor de combustión interna y uno eléctrico, ofreciendo una mayor autonomía eléctrica que los híbridos convencionales.

- **Eléctrico de Autonomía Extendida (EREV).**

Utiliza un motor de combustión interna, pero no para la tracción directa del vehículo, sino para generar electricidad cuando las baterías se agotan. Funciona principalmente como un coche eléctrico, pero el motor de combustión extiende su autonomía.

- **Con pila de Combustible de Hidrógeno (FCEV).**

Estos vehículos utilizan hidrógeno para generar electricidad a través de una pila de combustible, alimentando así los motores eléctricos. No dependen de baterías tradicionales, aunque algunos expertos consideran que en el futuro podrían sustituir a los vehículos con baterías.

2.8 Radiación Solar

La radiación solar que alcanza la atmósfera de la Tierra es considerablemente debilitada, con un valor aproximado de 1360 W/m^2 , como resultado de la distancia entre el Sol y nuestro planeta. A continuación, esta radiación experimenta una atenuación al atravesar la capa atmosférica, por lo que la cantidad de radiación que llega a la superficie terrestre es de alrededor de 1000 W/m^2 (Pareja, 2020).

El Atlas Solar de Cuenca, nos brinda algunos valores aproximados de radiación solar existente en la ciudad. Ver Figura 19.

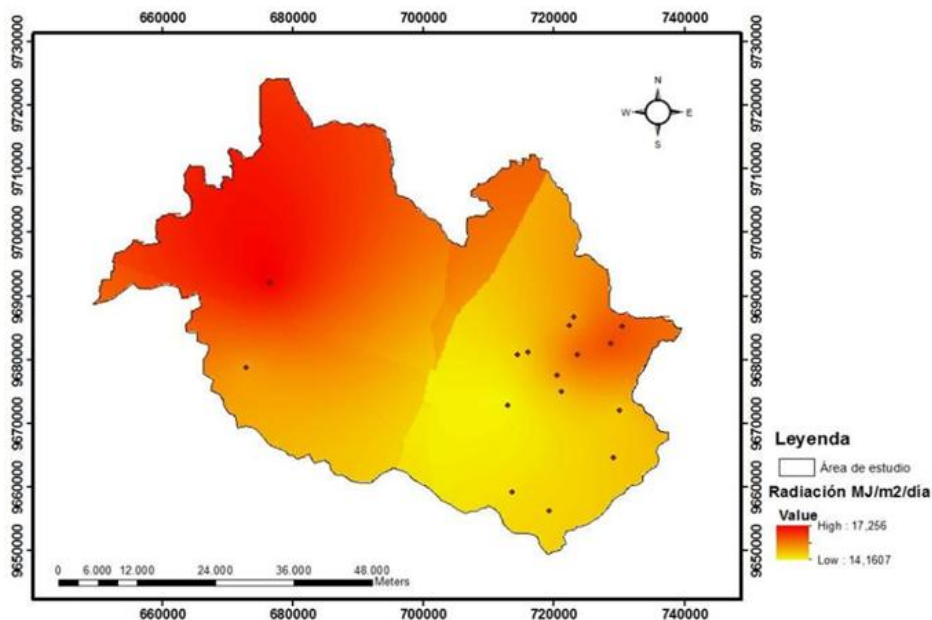


Figura 19. Mapa de radiación solar global real promedio diario anual real del cantón Cuenca
Fuente: (Delgado Orellana & Orellana Samaniego, 2015)

2.8.1 Radiación Directa

La radiación directa es aquella que llega en línea recta desde el sol a la superficie terrestre, sin haber sido dispersada ni reflejada por la atmósfera. Este tipo de radiación es la más aprovechada en los sistemas fotovoltaicos, ya que permite una mayor eficiencia en la conversión de energía solar en electricidad. La intensidad de la radiación directa depende de factores como la latitud, la altitud y las condiciones atmosféricas, tales como la presencia de nubes, polvo o contaminación en el aire, que pueden reducir la cantidad de radiación directa que llega a los paneles solares (Pareja Aprecio, 2020).

2.8.2 Radiación Difusa

La radiación difusa es aquella que ha sido dispersada en todas direcciones al atravesar la atmósfera. Fenómenos atmosféricos como las nubes, el polvo y las partículas en suspensión causan esta dispersión, haciendo que la luz solar llegue de manera indirecta a la superficie terrestre. Aunque la radiación difusa es menos intensa que la directa, contribuye al rendimiento de los sistemas fotovoltaicos, especialmente en días nublados o en zonas donde la cantidad de radiación directa es limitada (Wright, 2008).

2.8.3 Radiación Reflejada

La radiación reflejada es aquella que se refleja en el suelo o en otras superficies terrestres hacia el cielo y los paneles solares. Esta radiación depende de las propiedades reflectantes de la superficie, que varían según el tipo de terreno, el color y la textura de los materiales que componen el entorno. Las superficies de agua, arena, nieve y pavimento pueden reflejar diferentes cantidades de luz solar hacia los paneles, especialmente en los sistemas bifaciales que están diseñados para captar tanto la radiación directa como la reflejada y mejorar así su producción energética (Adler y otros, 2013).

2.9 Sistemas Fotovoltaicos

Los sistemas fotovoltaicos (SFV) convierten la energía solar en electricidad a través de paneles compuestos por celdas fotovoltaicas. Este proceso de conversión es posible gracias al efecto fotovoltaico, mediante el cual los fotones de la luz solar excitan a los electrones de los materiales semiconductores de las celdas, generando una corriente eléctrica. Para optimizar el rendimiento de estos sistemas, es esencial tener en cuenta el tipo de configuración del sistema, los componentes necesarios y las condiciones de instalación (Abella, 2005).

2.9.1 Componentes de los Sistemas Fotovoltaicos

2.9.1.1 Paneles Solares

Los paneles solares son el componente principal de un sistema fotovoltaico y están formados por celdas solares interconectadas. Existen tres tipos de paneles solares según el material y la técnica de fabricación: monocristalinos, policristalinos y de capa fina. Los paneles

monocristalinos son conocidos por su alta eficiencia y durabilidad, mientras que los paneles policristalinos suelen ser más económicos, pero menos eficientes. Los de capa fina, aunque son más ligeros y flexibles, tienen menor eficiencia y suelen requerir más espacio para igualar la producción energética de los otros dos tipos (Arencibia Carballo, 2016).

2.9.1.2 Inversores

Los inversores son dispositivos esenciales en los sistemas fotovoltaicos, ya que convierten la corriente continua (CC) generada por las celdas solares en corriente alterna (CA), que es el tipo de corriente utilizada en la mayoría de los equipos eléctricos y en la red eléctrica convencional. La eficiencia y la durabilidad de los inversores son factores determinantes en el rendimiento de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red y deben cumplir con normas técnicas para garantizar la estabilidad y seguridad del sistema (Área Tecnológica, 2012).

2.9.1.3 Reguladores de Carga y Sistemas de Almacenamiento

Los reguladores de carga protegen a las baterías (si están presentes) y al sistema completo, controlando el flujo de energía para evitar sobrecargas o descargas profundas. En configuraciones aisladas y en sistemas híbridos, los reguladores y los bancos de baterías permiten almacenar energía para ser utilizada en periodos sin radiación solar. Aunque los sistemas conectados a la red suelen prescindir de baterías, en aplicaciones donde se requiere independencia de la red o en lugares con redes inestables, el almacenamiento en baterías proporciona mayor autonomía y seguridad (Energía Hoy, 2022).

2.9.1.4 Cableado

Para asegurar la seguridad y eficiencia del cableado en un sistema fotovoltaico, se deben cumplir ciertas condiciones:

Aislamiento adecuado.

Los cables deben protegerse de la intemperie mediante tubos, fundas de materiales resistentes a altas temperaturas (como el PVC no simple), o estar enterrados a una profundidad mínima de 40 cm.

Reducción de caídas de tensión.

El cableado debe limitar la caída de tensión al 1% de la tensión nominal del generador para asegurar una eficiencia adecuada. Esto es particularmente importante en los cables entre el regulador y la batería, que también deben llevar un fusible para evitar daños en caso de cortocircuito.

Conexiones estancas y elevadas.

Las cajas de conexión deben ser herméticas y estar situadas al menos a 50 cm del suelo para proteger contra condiciones adversas.

Corrientes bajas y tensiones elevadas.

Para reducir las pérdidas de potencia, se recomienda trabajar con corrientes bajas, lo que implica el uso de tensiones más altas. Sin embargo, si las tensiones superan los 500 V, es recomendable usar una configuración bipolar conectada a tierra para seguridad.

Protección contra descargas atmosféricas.

En sistemas de gran tamaño, deben implementarse medidas contra sobre corrientes y sobretensiones inducidas por rayos. Esto incluye la conexión a tierra de los marcos de los módulos y el uso de descargadores de sobretensión. Sin embargo, el uso de pararrayos no se recomienda, ya que podría aumentar el riesgo de inducción de rayos.

2.9.1.5 Protecciones

Diodos de bypass.

Estos diodos protegen el sistema evitando que la corriente pase por células solares dañadas o en sombra, lo que permite un funcionamiento más eficiente del módulo. Vienen preinstalados en la mayoría de los módulos solares.

Diodos de bloqueo.

Impiden que la corriente generada por una serie de paneles circule hacia otra serie, evitando pérdidas de energía. Suelen instalarse cerca de la caja de conexiones.

Fusibles.

Son dispositivos de protección que se colocan en el lado positivo y negativo de cada cadena de paneles para prevenir daños en caso de un exceso de corriente.

Varistores.

Protegen el sistema frente a picos de voltaje, como los causados por tormentas eléctricas, al desviar las sobretensiones a tierra, protegiendo especialmente el inversor.

Interruptor general de corriente continua.

Este interruptor permite desconectar el generador solar y el inversor para facilitar el mantenimiento o reparaciones, aumentando la seguridad del sistema.

2.9.2 Configuraciones de sistemas fotovoltaicos

Los sistemas fotovoltaicos pueden instalarse en diferentes configuraciones según el tipo de aplicación y el entorno en el que se encuentran. Cada configuración tiene ventajas y desventajas en términos de costos, eficiencia y complejidad de instalación (Solar Lights Company, 2024).

2.9.2.1 Sistemas Aislados

Los sistemas fotovoltaicos aislados no están conectados a la red eléctrica y son utilizados principalmente en áreas remotas donde no se dispone de un suministro eléctrico estable. Estos

sistemas requieren de baterías para almacenar energía y proporcionar electricidad cuando no hay luz solar. Su uso es común en zonas rurales, sistemas de telecomunicación, faros y aplicaciones agrícolas. Su desventaja principal es el costo asociado con el mantenimiento y la reposición de baterías (EcoInventos, 2021).

2.9.2.2 Sistemas Conectados a la Red (On-Grid)

Los sistemas conectados a la red permiten que la electricidad generada por los paneles solares sea inyectada directamente a la red eléctrica. Esta configuración es ideal en entornos urbanos y comerciales, ya que elimina la necesidad de almacenamiento en baterías y permite que la energía excedente sea compartida o vendida a la red. Además, cuando la producción fotovoltaica es insuficiente, el sistema puede tomar energía de la red. La eficiencia y sostenibilidad de estos sistemas dependen de las normativas locales y de la infraestructura de red disponible (Solarpedia, 2023).

2.9.2.3 Sistemas Híbridos

Los sistemas híbridos combinan las características de los sistemas aislados y los conectados a la red. Incluyen baterías para almacenar energía y pueden tanto inyectar energía a la red como extraerla cuando la producción solar es insuficiente. Estos sistemas son útiles en aplicaciones donde es importante mantener el suministro eléctrico ininterrumpido, como hospitales o centros de datos. Aunque son más costosos debido al equipo de almacenamiento, ofrecen una mayor flexibilidad y autonomía en situaciones de corte de energía (Energía Solar 365, 2024).

2.10 Normativa

El panorama de normativa resultante de la movilidad eléctrica se puede clasificar en los siguientes dominios:

2.10.1 Enchufes

La serie de normas IEC 62196, se compone actualmente de tres partes.

La primera IEC 62196-1 parte establece los requisitos generales para enchufes dedicados, tomas de corriente, conectores para vehículos y entradas de vehículos, con el fin de conectar un equipo de carga específico a un vehículo eléctrico (EV). La versión vigente fue publicada a finales de 2011 y corresponde a la segunda edición de esta norma, aunque ya se ha iniciado el trabajo en una tercera edición.

La segunda IEC 62196-2 parte de la norma se centra en los requisitos de compatibilidad dimensional e intercambiabilidad para enchufes de corriente alterna (AC), tanto entradas como salidas. Se definen tres tipos de conectores: el tipo 1, que está diseñado para carga monofásica y admite potencias de hasta 7,4 kW, y el tipo 2, que permite tanto carga monofásica como trifásica, esta última con potencias de hasta 44 kW. En enero de 2013, la Comisión Europea designó el conector tipo 2 como la norma común para infraestructuras de carga y vehículos eléctricos en la Unión Europea.

La tercera IEC 62196-3 parte de la norma especifica los requisitos de compatibilidad dimensional e intercambiabilidad para enchufes de corriente continua (DC), así como para

enchufes combinados que integran tanto AC como DC. Hasta el momento, esta parte aún está en desarrollo y no ha sido publicada como norma internacional.

La importancia de la norma IEC 62196 en cuanto a la interoperabilidad de la interfaz V2G se restringe a especificaciones físicas que abarcan los pines de señalización y la compatibilidad del conector, incluyendo su diseño físico y dimensiones (Schmutzler et al., 2013).

2.10.2 Topologías de carga

Las normas IEC 61851 y IEC 61439 son fundamentales para garantizar la seguridad, eficiencia y compatibilidad en la carga de vehículos eléctricos. La IEC 61851 se enfoca en los sistemas de carga conductiva y su interoperabilidad, mientras que la IEC 61439 establece criterios para los ensamblajes eléctricos utilizados en la infraestructura de carga. Juntas, estas normas proporcionan un marco integral para el desarrollo y la implementación de soluciones de carga de vehículos eléctricos, facilitando la transición hacia una movilidad más sostenible (Schmutzler et al., 2013).

IEC 61980-1: Cubre los requisitos generales para sistemas de transferencia de energía inalámbrica para vehículos eléctricos, incluyendo antecedentes generales y definiciones (por ejemplo, eficiencia, seguridad eléctrica, compatibilidad electromagnética, y campos electromagnéticos).

IEC 61980-3: Cubre los requisitos específicos de transferencia de energía para el lado externo de los sistemas de transferencia de energía inalámbrica mediante campo magnético para vehículos eléctricos (por ejemplo, eficiencia, seguridad eléctrica) (IEC, 2022).

2.10.3 Comunicación

La norma IEC 61851-1, da lugar a varias partes del estándar, de las cuales las tres primeras se iniciaron en 2009.

La primera parte, ISO/IEC 15118-1, establece términos relevantes, definiciones básicas y casos de uso para la interfaz V2G. Las partes siguientes, ISO/IEC 15118-2 y ISO/IEC 15118-3, se centran en las especificaciones técnicas para la carga conductiva de vehículos eléctricos y aún están en desarrollo.

La Parte 2 detalla el proceso de vinculación IP y los flujos de mensajes entre el controlador del vehículo eléctrico y el controlador del punto de carga, mientras que la Parte 3 especifica los requisitos para la comunicación en la capa física y de enlace de datos.

El protocolo V2G está diseñado para permitir una interacción avanzada entre la red eléctrica y los vehículos eléctricos conectados, facilitando procesos como la autenticación, autorización, contabilidad y gestión de carga. El enfoque principal del estándar se limita a la comunicación entre controlador del vehículo eléctrico y controlador del punto de carga.

A partir de estas tres partes, se han iniciado proyectos adicionales para desarrollar pruebas de conformidad para las especificaciones técnicas en ISO/IEC 15118-4 y ISO/IEC 15118-5. También se están explorando las capas de comunicación inalámbrica en ISO/IEC 15118-8, que podría ofrecer nuevos casos de uso tanto para la carga inductiva como para la conductiva. Además, se está preparando una especificación de alineación (ISO/IEC 15118-7) que detallará las diferencias y nuevos conjuntos de mensajes en comparación con las especificaciones centrales.

En cuanto a la carga de corriente continua (DC), IEC 61851-24 define la comunicación digital entre el equipo de carga y los vehículos eléctricos, aunque este estándar también está en desarrollo. Incluye diferentes enfoques técnicos. Otros anexos hacen referencia a las especificaciones de ISO/IEC 15118 sin alterarlas.

A pesar de los avances en la estandarización, la IEC aún no cubre un protocolo específico para el backend de infraestructuras de carga de vehículos eléctricos. Un candidato potencial es IEC 61850, que se centra en la automatización de la red y tiene relevancia para la movilidad eléctrica, aunque su alcance es mucho más amplio y proviene del ámbito de la automatización de subestaciones (IEC, 2022).

2.10.4 Protección

Se consideran las siguientes normas referentes a protección:

IEC 61140: Esta norma aborda los aspectos comunes relacionados con la instalación y el equipamiento de ensamblajes eléctricos, garantizando la protección de personas y animales contra descargas eléctricas. Su objetivo es proporcionar principios fundamentales y requisitos aplicables a instalaciones eléctricas y sistemas, facilitando la coordinación entre ellos.

IEC 60529: Complementaria a la IEC 61140, esta norma define los grados de protección que deben ofrecer las carcasas de los equipos eléctricos, asegurando que estén adecuadamente protegidos contra elementos externos que puedan comprometer su funcionamiento y seguridad.

IEC 60364-7-722: Esta norma se especializa en los requisitos de seguridad para los equipos de suministro de EV en instalaciones eléctricas de baja tensión. Además, cubre las especificaciones de seguridad necesarias para el flujo de energía inverso desde el EV hacia las infraestructuras de la red pública. Actualmente, esta norma se encuentra en desarrollo.

IEC 62040: Relacionada con el mantenimiento y el flujo de energía inverso, esta norma establece requisitos generales y de seguridad para los Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (UPS) que cuentan con dispositivos de almacenamiento de energía en el enlace de corriente continua (DC). Se aplica a UPS móviles en sistemas de distribución de baja tensión y garantiza la seguridad del operador y del personal de servicio.

ISO 6469-3: Publicada en 2011, esta norma define las especificaciones de seguridad para los vehículos eléctricos, asegurando la protección de las personas dentro y fuera del vehículo contra descargas eléctricas. Detalla requisitos específicos para los sistemas de propulsión eléctrica y sistemas eléctricos auxiliares conectados.

ISO 17409: Aún en desarrollo, esta norma define los requisitos de seguridad para la conexión de un EV a una fuente de alimentación eléctrica externa. Se centra en circuitos de carga a bordo y complementa las definiciones de la serie IEC 61851, centrándose en el lado del vehículo (Schmutzler et al., 2013).

2.10.5 Normativa de Ecuador que se acoge a la española

Se consideran las siguientes normas referentes a protección: IEC 62196-1, IEC 62196-2, IEC 62196-3, IEC 61851-1, IEC 61851-21, IEC 61851-22, IEC 61851-23, IEC 61851-24, SAE J1772.

Las normas IEC son fundamentales para el desarrollo seguro y eficiente de la infraestructura de carga de vehículos eléctricos. Estas regulaciones abordan aspectos técnicos, de seguridad y de interoperabilidad, promoviendo la compatibilidad de conectores y sistemas de carga. La estandarización en la comunicación bidireccional, como la que se propone en el protocolo V2G, facilita la integración de vehículos eléctricos con la red eléctrica, optimizando la gestión de la carga y fomentando el uso de energías renovables. En conjunto, estas normativas son esenciales para impulsar una movilidad eléctrica más sostenible y accesible.

2.10.6 Real Decreto-Ley 21/2021: Infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos

Conforme a EVMOBE (2021), en España, a partir del 1 de enero de 2023, todos los edificios no residenciales privados, como centros de trabajo, centros comerciales, instalaciones deportivas y centros educativos, que cuenten con más de 20 plazas de aparcamiento, estarán obligados a instalar puntos de recarga para vehículos eléctricos en sus estacionamientos. De acuerdo con el Real Decreto-Ley, la proporción mínima será de un punto de recarga por cada 40 plazas de aparcamiento, hasta un máximo de 1.000 plazas. En los edificios gubernamentales, esta proporción será de un punto de recarga por cada 20 plazas de estacionamiento, ya que el sector público debe asumir un papel ejemplar. En instalaciones con más de 1.000 plazas, tanto en edificios públicos como privados, se requerirá un punto de recarga adicional por cada 100 plazas excedentes.

2.10.7 Categorías de las Centrales de Generación

En la Tabla 1 se establecen las categorías para todo tipo de Centrales de Generación en Ecuador, dependiendo de su Potencia Nominal, en función de lo cual deberán cumplir requisitos técnicos y operativos específicos.

Tabla 1. Categoría de Centrales de Generación

Categoría	Potencia Nominal [MW]	Voltaje referencial de conexión [KV]
A	$0.1 \leq P_n < 1$	$V_n < 1$
B	$1 \leq P_n < 15$	$V_n \leq 69$
C	$15 \leq P_n < 50$	$V_n \leq 138$
D	$P_n \geq 50$	$P_n \geq 138$

Fuente: (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2024)

2.10.8 *Requisitos generales para Centrales de Generación categoría A con respecto*

a Estabilidad de Voltaje

Tabla 2. Rango de voltaje dentro del cual una Central de Generación debe permanecer conectada a la red y mantenerse en operación

Voltaje Nominal del punto de conexión (Vn)	Rango de voltaje [p. u.]	Tiempo de operación
$Vn < 15$	0.9 -1.1	Ilimitado

Fuente: (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2024)

2.10.9 *Requisitos generales para Centrales de Generación categoría A con respecto*

a la calidad del producto

Para la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (2024), estos son los requisitos generales para Centrales de Generación categoría A:

- a. Las perturbaciones causadas por una Central de Generación conectada a una red cuyo Voltaje Nominal sea menor o igual a 600 V, medidas en el Punto de Conexión, deben cumplir con los límites establecidos a continuación:
 - a.1. Parpadeo: No debe ser mayor a 1 en Parpadeo de Corta Duración Pst y 0.8 en la norma IEC 61000-4-15.
 - a.2. El contenido de Armónicos de corriente se mide a través de los armónicos individuales de corriente y Distorsión Total de la Corriente Nomina y sus límites cumplirán lo establecido en la norma IEEE Std 2800.
- b. Las perturbaciones causadas por una Central de Generación conectada a una red cuyo Voltaje Nominal sea mayor a 600 V y menor a 69 kV, medidas en el Punto de Conexión, deben cumplir con los límites establecidos a continuación:
 - b.1. Parpadeo: No debe ser mayor a 0.9 en Pst y 0.7 en Plt en el Punto de Conexión, se calcula de acuerdo con las disposiciones de la norma IEC 61000-4-15.
 - b.2. Desbalance de voltaje: La tasa de desbalance de voltaje producida por la Central de Generación en el Punto de Conexión no debe ser mayor a 1.8%.
 - b.3. Armónicos: El contenido de Armónicos de corriente se mide a través de los armónicos individuales de corriente y el TRD, y sus límites cumplirán lo establecido en la norma IEEE Std 2800.
 - b.4. Variaciones de voltaje: La amplitud de cualquier variación de voltaje no debe exceder el 5% del Voltaje Nominal en el Punto de Conexión.

2.10.10 *Planificación de etapa de pruebas técnicas y verificación de cumplimiento*

de requisitos técnicos de centrales de generación categoría A

La Empresa de Generación/Autogeneración Habilitada (EGAH), deberá presentar, con una antelación no menor a cuatro (4) meses a la fecha de inicio de Operación Comercial de la

Central de Generación, un cronograma que contemple al menos los siguientes hitos y actividades. Ver Figura 20.

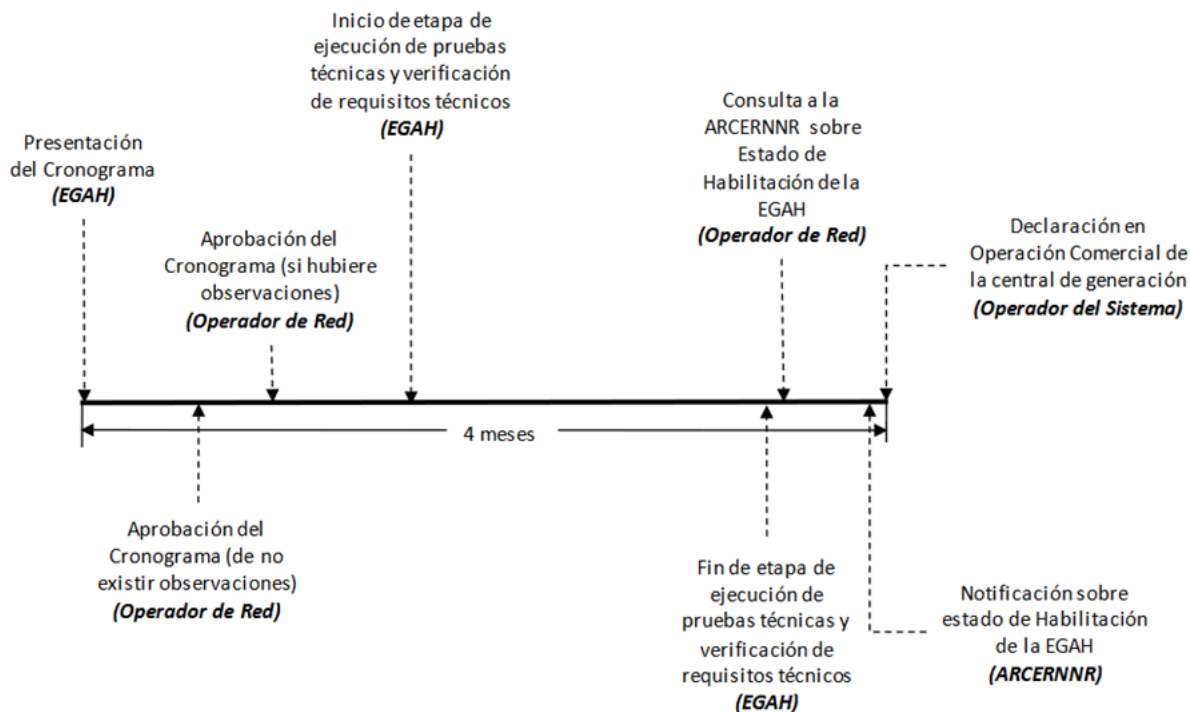


Figura 20. Proceso para aprobación de cronograma y ejecución de Pruebas Técnicas, previas a la Declaración en Operación Comercial de Centrales o Unidades de Generación categoría A
Fuente: (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2024)

2.10.11 Etapa de pruebas técnicas y verificación de cumplimiento de requisitos técnicos de centrales de generación categoría A

Según la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (2024), con una antelación de al menos diez (10) días calendario a la fecha establecida en el cronograma aprobado por el Operador de Red, la EGAH podrá acreditar el cumplimiento de los requisitos técnicos de su Central de Generación a partir de:

- Certificados otorgados por los fabricantes de equipos o sistemas.
- Certificados de Conformidad de Equipos y Sistemas otorgados por un Organismo de Evaluación de la Conformidad o profesional facultado, como resultado de Pruebas Técnicas que se realicen en campo o laboratorio.

Junto a la solicitud, la EGAH deberá entregar al Operador de Red copias de los documentos que le permitan verificar que la EGAH cumple los siguientes requisitos:

- Dispone de un Título Habilitante vigente otorgado por el Ministerio Rector.
- Dispone del sistema de medición comercial oficializado por el CENACE, que cumpla lo establecido en la Regulación Nro. ARCONEL-001/16, o aquella que la sustituya.

3. Dispone del Certificado de Conformidad Técnica para Conexión otorgado por el Operador de Red.
4. Dispone del Contrato de Conexión suscrito con el Operador de Red.

El Operador de Red emitirá la autorización para el inicio de la etapa de Pruebas Técnicas y verificación de cumplimiento de requisitos técnicos, dentro de un término de cinco (5) días posteriores a la recepción de la solicitud que contenga todos los requisitos señalados en los numerales precedentes.

Dentro de un término de diez (10) días contados a partir de la finalización de la etapa de Pruebas Técnicas y verificación de cumplimiento de requisitos técnicos, la EGAH deberá entregar al Operador de Red, los siguientes documentos e información:

- a. Datos técnicos de la Central y Unidades de Generación, en el formato y de acuerdo al detalle que especifique el Operador de Red.
- b. Los modelos de las Unidades de Generación, en caso sean requeridos por el Operador de Red.

2.10.12 Declaración en operación comercial de centrales o unidades de generación categoría A

Después de finalizar exitosamente las Pruebas Técnicas y presentar toda la información requerida, el Operador de Red solicitará a la Agencia de Regulación y Control Competente (ARCC) que evalúe si la EGAH está habilitada para participar en el sector eléctrico. La ARCC, en un plazo de cinco días, revisará el cumplimiento de las normativas técnicas, comerciales y del Título Habilitante. Si encuentra incumplimientos, notificará a la EGAH para que los subsane. Una vez corregidos, la ARCC informará al Operador del Sistema y al Operador de Red.

El Operador del Sistema declarará la Operación Comercial de la Central de Generación en un plazo de tres días si: 1) recibe un pronunciamiento favorable de la ARCC; 2) el Operador de Red confirma el cumplimiento de los requisitos técnicos; 3) la EGAH ha entregado las garantías técnicas; y 4) se han registrado los contratos correspondientes. La fecha de Operación Comercial debe cumplir con la regulación de Transacciones Comerciales.

Además, el Operador de Red deberá mantener un registro de todos los documentos e información de cada Unidad o Central de Generación, el cual estará disponible para la ARCC cuando lo solicite para fines de control.

2.10.13 Regulación Arconel-005/24

De acuerdo a la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (2024), se describen las modalidades de autoabastecimiento.

Modalidades de autoabastecimiento

A continuación, se explicará cada una de las modalidades de autoabastecimiento que nos presenta la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (2024) y podemos observar en la Figura 21.

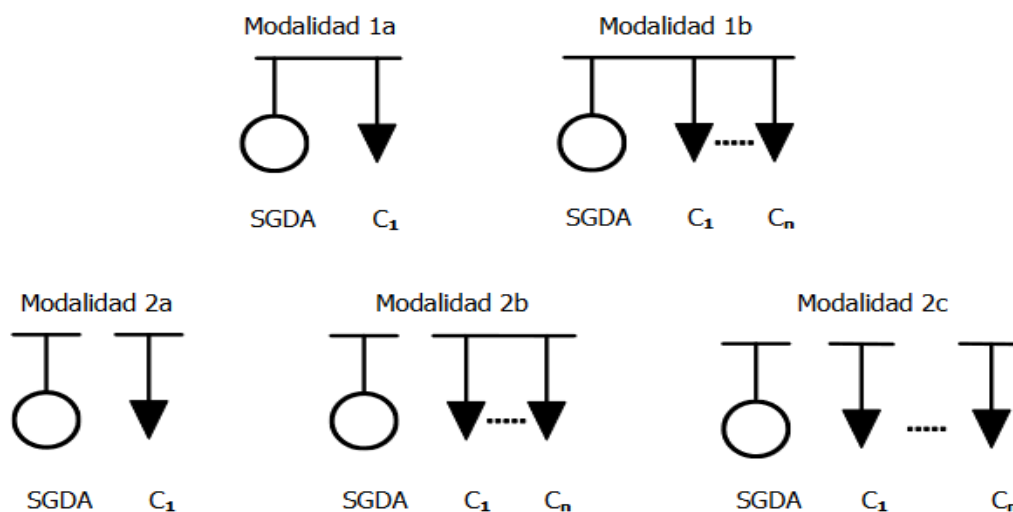


Figura 21. Modalidades de autoabastecimiento
Fuente: (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2024)

Modalidad 1a: Autoabastecimiento individual local

El Sistema de Generación Distribuida para Autoabastecimiento (SGDA) está asociado a una sola cuenta contrato, ubicada en el mismo bien inmueble en donde se instalará el SGDA, el cual puede o no inyectar excedentes a la red.

Modalidad 1b: Autoabastecimiento múltiple local

- El SGDA está asociado a varias cuentas contrato ubicadas en una urbanización o un mismo inmueble constituido en condominio o declarado bajo el régimen de propiedad horizontal, en donde se instalará el SGDA.
- El SGDA está asociado a varias cuentas contrato del mismo propietario del bien inmueble, las cuales están ubicadas en el mismo bien inmueble donde se instalará el SGDA.

El SGDA, puede o no inyectar excedentes a la red.

Modalidad 2a: Autoabastecimiento individual remoto

El SGDA está ubicado remotamente, y está asociado a una sola cuenta contrato del Consumidor Regulado

Modalidad 2b: Autoabastecimiento múltiple remoto con consumidores concentrados

- El SGDA está ubicado de forma remota y está asociado a varias cuentas contrato las cuales se encuentran concentradas en un mismo bien inmueble, constituido en condominio o bajo el régimen de propiedad horizontal.

- b. El SGDA está ubicado de manera remota y está asociado a varias cuentas contrato del mismo propietario del bien inmueble, las cuales se encuentran concentradas en un mismo bien inmueble.

Modalidad 2c: Autoabastecimiento múltiple remoto con consumidores dispersos

- a. El SGDA está ubicado de forma remota, y está asociado a varias cuentas contrato de una misma persona jurídica, ubicadas en inmuebles dispersos.
- b. El SGDA está ubicado de forma remota, y está asociado a varias cuentas contrato de una misma persona natural, ubicadas en inmuebles dispersos.

2.10.14 Solicitud

De acuerdo con la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (2024), en el Marco Normativo de la Generación Distribuida para el Autoabastecimiento de Consumidores Regulados de Energía Eléctrica, el trámite para la solicitud de la Factibilidad de Conexión para Autoabastecimiento se sujetará a las siguientes disposiciones:

- a. Se solicitará la Factibilidad de Conexión para Autoabastecimiento a la Distribuidora respectiva, presentando la información establecida en el formulario denominado Solicitud de Factibilidad de Conexión de un SGDA (ANEXO A de la presente Regulación. En este formulario se consignan los datos generales del solicitante y del SGDA, y se identifica el punto de la red eléctrica donde se prevé conectar el SGDA.
- b. Se deberá adjuntar el documento escrito especificado en el ARTÍCULO 12 de la presente Regulación Requisitos para la asignación del porcentaje de la energía producida por el SGDA en las modalidades 1b y 2b
- c. Se entregará la información descrita en los numerales 13.2 y 13.3 de la presente Regulación, en los casos que aplique.
- d. La Distribuidora hará constar en el formulario la fecha de recepción de éste, y asignará a la solicitud un código de trámite, con el cual el solicitante podrá realizar las consultas y seguimiento sobre el estado de avance de su solicitud.

2.10.15 Requisitos para la asignación del porcentaje de la energía producida por el

SGDA en las modalidades 1b y 2b

Según la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (2024), en el Marco Normativo de la Generación Distribuida para el Autoabastecimiento de Consumidores Regulados de Energía Eléctrica, para las modalidades de autoabastecimiento 1b y 2b, se deberá entregar a la Distribuidora los siguientes requisitos:

- e. Una copia de la designación del Representante Legal, debidamente inscrita conforme a lo establecido en la Ley de Propiedad Horizontal y su reglamento. En caso de que todas las cuentas contrato estén a nombre de un solo propietario no se requerirá este requisito.

- f. Cuando corresponda, nombre completo o razón social de todos los condóminos, cédula o RUC, domicilio y cuenta contrato.
- g. Autorización del propietario bien inmueble o del Representante Legal para la instalación del SGDA (requisito sólo para la modalidad 1b).
- h. Porcentaje de asignación de la energía eléctrica producida por el SGDA para cada Consumidor Regulado. El porcentaje de asignación debe ser definido por el Representante Legal o por el propietario del bien inmueble, según corresponda. Los porcentajes deberán sumar 100% y podrán ser actualizados cada seis meses.

2.10.16 Trámite para un SGDA de Categoría 2

Para la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (2024), en el Marco Normativo de la Generación Distribuida para el Autoabastecimiento de Consumidores Regulados de Energía Eléctrica, para un SGDA con una Potencia Nominal mayor a 100 kW, la Distribuidora, a partir de la recepción del formulario, procederá conforme a lo siguiente:

- 1. La Distribuidora dispondrá de un término de cinco (5) días para aceptar a trámite la solicitud. En caso de que esta requiera información adicional, la Distribuidora en el término de dos (2) días notificará al solicitante por escrito, el cual tendrá un término de cinco (5) días para completar la información; en caso de no hacerlo, se dará por terminado el trámite.

2.10.17 Regulación Nro. Arconel-006/24

En la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (2024), en el Marco Normativo para la Participación en Generación Distribuida de Empresas Interesadas en Realizar la Actividad de Generación, se establecen los costos nivelados de energía para las Centrales de Generación Distribuida (CGD) pertenecientes a las Empresas Promotoras de Generación Distribuida (EPGD) que gestionen ante el Ministerio correspondiente la obtención del Título Habilitante. Estos costos se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3. Costos nivelados de energía, en ctvs/kWh, a los que se liquidará la energía que produzcan las CGD

Tecnología	CNE/LCOE (ctvs/kWh)	CNE/LCOE
Biomasa	11,864	Once comas ochocientos sesenta y cuatro centavos de dólar de los Estados Unidos de Norteamérica por kilovatio hora.
Eólica	8,488	Ocho comas cuatrocientos ochenta y ocho centavos de dólar de los Estados Unidos de Norteamérica por kilovatio hora.
Hidroeléctrica	7,589	Siete comas quinientos ochenta y nueve centavos de dólar de los Estados Unidos de Norteamérica por kilovatio hora.
Solar Fotovoltaica	8,144	Ocho comas ciento cuarenta y cuatro centavos de dólar de los Estados Unidos de Norteamérica por kilovatio hora.

Biogás	12,360	Doce comas trescientos sesenta centavos de dólar de los Estados Unidos de Norteamérica por kilovatio hora.
Geotermia	11,140	Once comas ciento cuarenta centavos de dólar de los Estados Unidos de Norteamérica por kilovatio hora.

Fuente: (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2024)

2.10.18 Proceso para Factibilidad de Conexión Preliminar

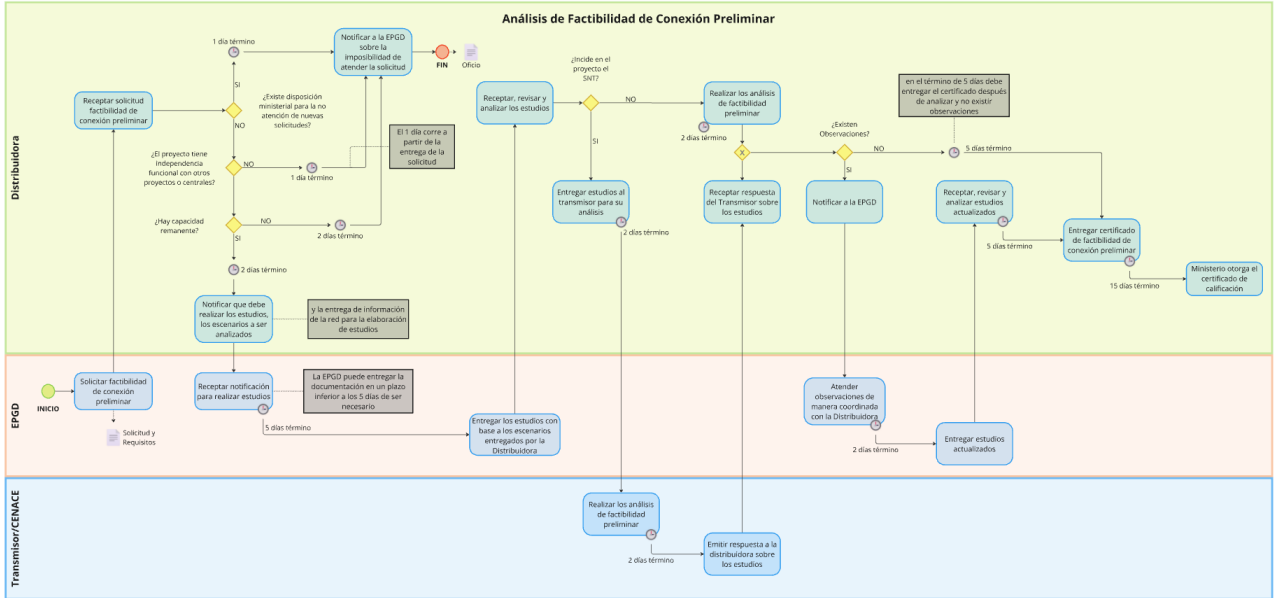


Figura 22. Diagrama resumen para aceptar a trámite una solicitud de Factibilidad de Conexión Preliminar
Fuente: (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2024)

2.10.19 Proceso para Factibilidad de Conexión Definitiva

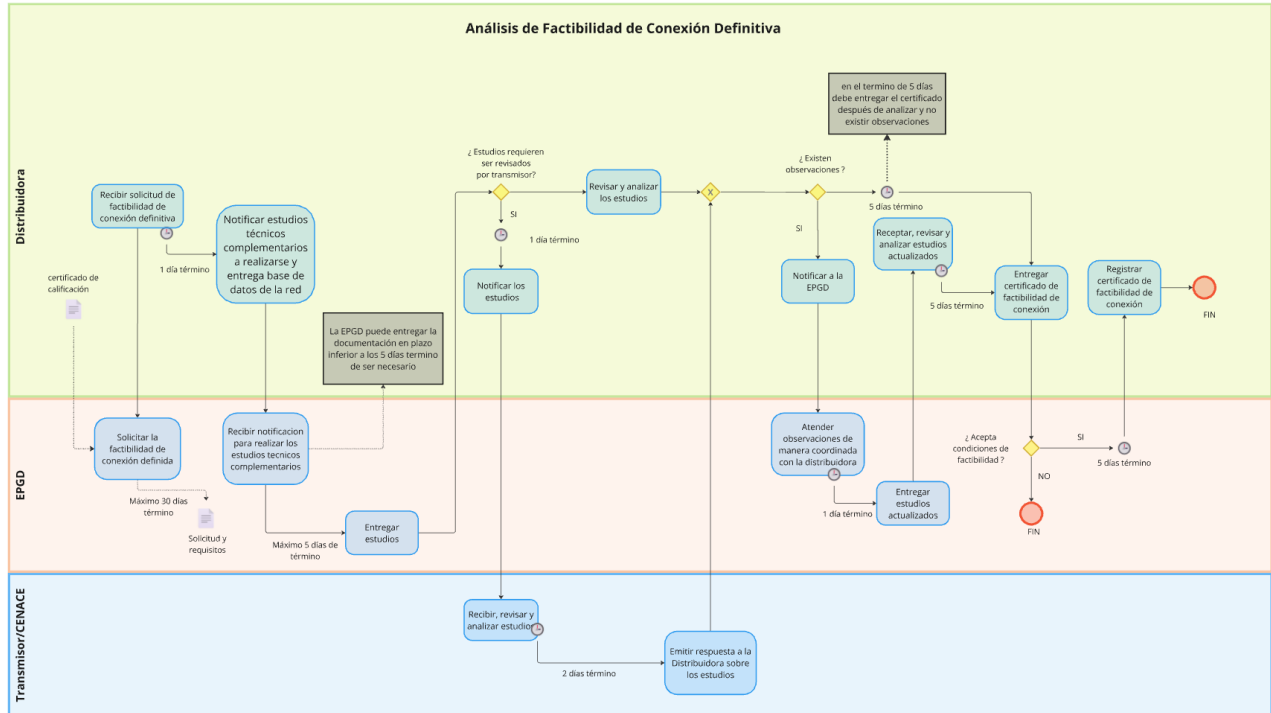


Figura 23. Diagrama resumen para aceptar a trámite una solicitud de Factibilidad de Conexión Definitiva
Fuente: (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2024)

2.11 Fundamentos Económicos

El análisis económico es fundamental para evaluar la viabilidad de integrar sistemas fotovoltaicos en electrolineras, ya que nos permite determinar si la inversión inicial y los costos operativos serán compensados por los ahorros energéticos y los ingresos generados a lo largo del tiempo (Timmons & Spinelli, 2020).

2.11.1 Costos de inversión inicial

Los costos de inversión inicial incluyen todos los gastos relacionados con la instalación de los sistemas fotovoltaicos y la infraestructura de la electrolinera. Esto abarca el costo de adquisición de los paneles solares, inversores, estructuras de montaje, cables, equipos de interconexión a la red, y cualquier modificación en la infraestructura eléctrica existente (International Renewable Energy Agency (IRENA), 2023).

2.11.2 Gastos Operativos y de Mantenimiento

Una vez instalados los sistemas fotovoltaicos, se deben calcular los costos operativos anuales. Estos incluyen el mantenimiento preventivo y correctivo de los paneles solares, la limpieza periódica para mantener su eficiencia, y el reemplazo de componentes como inversores. Adicionalmente, se debe incluir el costo de la energía adquirida de la red en períodos de baja

generación solar, lo que puede impactar en los costos operativos generales de la electrolinera (Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, 2022).

2.11.3 *Indicadores para la evaluación de la rentabilidad del Proyecto*

El VAN, la TIR y el ROI son herramientas fundamentales para evaluar la rentabilidad de proyectos de inversión, cada una con un enfoque específico.

El Valor Actual Neto (VAN) calcula el valor presente de los flujos de efectivo futuros generados por un proyecto en relación con la inversión inicial, permitiendo conocer cuánto valor adicional se espera crear en términos absolutos; cuando el VAN es positivo, el proyecto es rentable.

La Tasa Interna de Retorno (TIR), por su parte, mide el rendimiento promedio de la inversión, expresado como un porcentaje, y representa la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero; un proyecto es viable si su TIR supera la tasa de rendimiento mínima esperada.

Finalmente, el Retorno sobre la Inversión (ROI) ofrece una visión rápida de la rentabilidad en términos porcentuales al comparar directamente la ganancia neta obtenida con la inversión inicial. A diferencia del VAN y la TIR, el ROI no considera el valor del dinero en el tiempo, pero es útil para evaluar de forma sencilla la eficiencia de la inversión y facilitar comparaciones entre distintos proyectos (Ross y otros, 2021).

CAPITULO III

3. MODELACIÓN Y SIMULACIÓN

3.1 Antecedentes de Modelación

En este capítulo se profundiza en los aspectos técnicos relacionados con las electrolineras, abarcando dos variables fundamentales para la correcta integración de sistemas fotovoltaicos y la optimización de la infraestructura de carga de vehículos eléctricos. La primera variable se centra en el análisis de la irradiación solar y la temperatura, variables que juegan un papel esencial en la producción de energía fotovoltaica. En esta variable, se examinan tres aspectos clave: la irradiación y temperatura mínima, máxima y media, permitiéndonos dimensionar adecuadamente los sistemas fotovoltaicos en función de los datos climáticos disponibles.

La segunda variable analizada está relacionada con las curvas de demanda de las estaciones de carga, un factor determinante en la planificación de la infraestructura para vehículos eléctricos en centros comerciales. Si bien se tuvo acceso a datos de estaciones de carga bajo la gestión de Centro Sur, estos no pudieron utilizarse como referencia, ya que aún están en fase de investigación. Como alternativa, se tomó en consideración la curva de demanda registrada en la Universidad Privada Boliviana en Cochabamba, Bolivia, por su similitud con las tendencias de consumo energético observadas en las estaciones de carga de Centro Sur, lo que permite un análisis representativo del comportamiento de la demanda en este tipo de infraestructuras. A partir de esta información, se crea una curva de demanda eléctrica utilizando Python, una herramienta que posibilita modelar y analizar con precisión la variabilidad de la demanda energética en función de distintos factores, como el número de vehículos, los horarios de uso y las características de las estaciones de carga.

3.2 Área de Estudio

Cuenca, una ciudad ubicada en la región sur del Ecuador, se encuentra a una altitud de 2.560 metros sobre el nivel del mar y alberga a 596,101 habitantes, de acuerdo con el Censo 2022 realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) (Censos, 2022). Su ubicación geográfica y condiciones climáticas favorables la convierten en un lugar ideal para la implementación de sistemas fotovoltaicos. En los últimos años, la ciudad ha experimentado un aumento en la adopción de tecnologías sostenibles, incluyendo vehículos eléctricos, lo que ha generado una creciente demanda por infraestructura de carga eficiente y sostenible. La selección de Cuenca como caso de estudio responde no solo a su potencial solar, sino también a su rol como referente de innovación y sostenibilidad en Ecuador.



Figura 24. Ubicación de Estaciones de Carga Propuestas y Existentes en Cuenca, Ecuador
Fuente: (Google Earth, 2025)

La Figura 24, presenta un mapa satelital de la ciudad de Cuenca, Ecuador, donde se identifican las ubicaciones de estaciones de carga para vehículos eléctricos. Los marcadores en color verde representan las estaciones de carga propuestas en nuestro estudio, localizadas en los centros comerciales Mall del Río, Batán Shopping, Monay Shopping y Racar Plaza, mientras que los marcadores en color naranja indican las estaciones de carga existentes, ubicadas en:

- Universidad de Cuenca, ubicada en $2^{\circ}54'01''S$ $79^{\circ}00'34''W$, cuenta con tres puntos de carga: un cargador para Kia con una potencia de 7.2 kW, un conector Tipo 1 con 7.4 kW de potencia y un conector Tipo 2 con 7.2 kW de potencia.
- Parque de la Madre, ubicado en $2^{\circ}54'16''S$ $79^{\circ}00'11''W$, dispone de cinco puntos de carga. Cuatro de ellos son de tipo NEMA 5-15, con una potencia de 3.7 kW, y uno es de tipo Tipo 1, con una potencia de 7.4 kW (Electromaps, 2023).
- Centro Sur, ubicada en $2^{\circ}54'16''S$ $78^{\circ}59'00''W$, cuenta con una estación de carga rápida con una capacidad de 50 kW, compatible con CHAdeMO y CSS, que permiten una carga simultánea de hasta tres vehículos (Flores, 2022).
- Wayra Plaza, ubicada en $2^{\circ}54'49''S$ $78^{\circ}59'22''W$, cuenta con seis estaciones de carga, con cargadores de 7 kW y 90 kW, compatibles con Tipo 1, Tipo 2 y GBT.

Esta distribución de los centros comerciales Mall del Río, Batán Shopping, Racar Plaza y Monay Shopping, es estratégica ya que se ha planificado en función de la ubicación de los principales centros comerciales, donde se concentra una alta afluencia vehicular, especialmente los fines de semana. Además, se considera la ubicación geográfica de cada

estación, cubriendo las zonas norte, sur, este y oeste de la ciudad. Esto permite maximizar el acceso a la infraestructura de carga en distintos sectores, facilitando su uso para un mayor número de usuarios, promoviendo la movilidad sostenible y fomentando el uso de energía renovable en el transporte eléctrico.

El Mall del Río, siendo el centro comercial más grande de la ciudad de Cuenca, cuenta con una elevada afluencia de visitantes diarios, lo que lo convierte en un punto clave para garantizar el uso constante de las estaciones de carga. Además, su infraestructura y amplio espacio ofrecen las condiciones óptimas para la instalación de sistemas fotovoltaicos de mayor capacidad.

Por otro lado, Batán Shopping, Racar Plaza y Monay Shopping presentan áreas similares entre sí. La diversidad de las ubicaciones permite que las electrolinerías sean accesibles tanto para residentes locales como para visitantes, optimizando la funcionalidad del proyecto y fomentando el uso de energías renovables en toda la ciudad.

Además, estos centros comerciales cuentan con amplios techados, ideales para la instalación de paneles solares, maximizando el aprovechamiento de la radiación solar y contribuyendo a la eficiencia del sistema. Así mismo, disponen de amplios estacionamientos, facilitando la integración de la infraestructura de carga. Es importante destacar que se cuenta con los permisos necesarios para realizar los estudios en cada uno de estos centros comerciales, lo que garantiza la viabilidad del proyecto desde una perspectiva administrativa y técnica. La combinación de estas características asegura que el proyecto no solo sea viable desde el punto de vista técnico, sino también atractivo para los usuarios y beneficioso para la ciudad de Cuenca en su transición hacia la sostenibilidad energética.

3.3 Análisis del Recurso Solar

Los datos de irradiación y temperatura se recopilaron de la página web NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources (POWER) Data Access Viewer (DAV), del año 2013 al 2023.

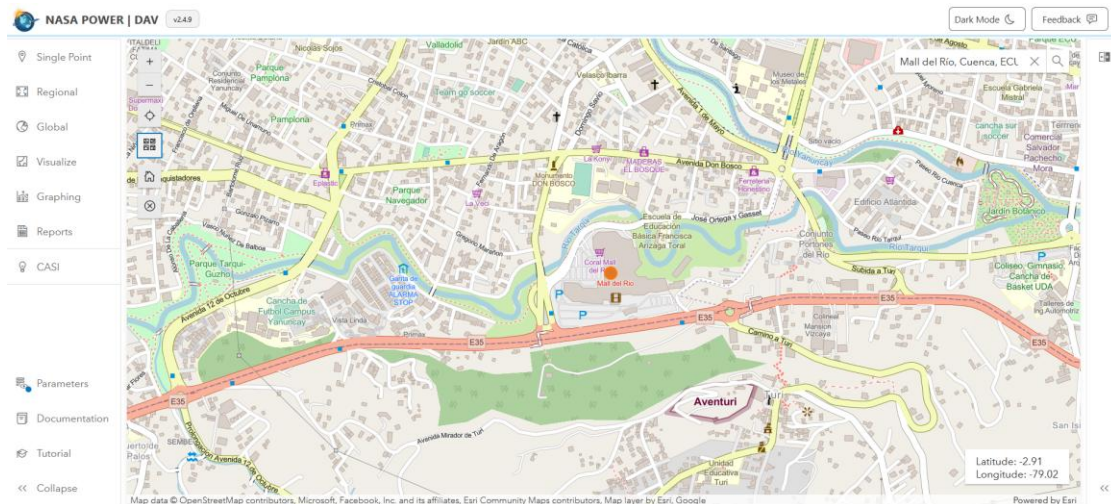


Figura 25. NASA POWER – DAV
Fuente: (NASA POWER, 2025)

Una vez recopilados los datos de irradiación solar y temperatura de la página NASA POWER para el período 2013-2023. Posteriormente, se realizó una revisión detallada de la información, determinando los valores mínimos, máximos y la media mensual de cada variable. A partir de estos resultados, se calcularon los promedios anuales y generales, proporcionando parámetros clave para evaluar la variabilidad del recurso solar y las condiciones climáticas del área de estudio. Ver Tabla 4.

Tabla 4. Irradiación y Temperatura

Mes	Mall Del Río		Batan Shopping		Monay Shopping		Racar Plaza		
	Irradiación kWh/m ² /día	Temperatura °C	Irradiación kWh/m ² /día	Temperatura °C	Irradiación kWh/m ² /día	Temperatura °C	Irradiación kWh/m ² /día	Temperatura °C	
Mínimo	Enero	2.500	13.292	2.500	13.292	2.208	13.292	2.500	13.292
	Febrero	2.417	13.302	2.417	13.323	2.054	13.302	2.417	13.302
	Marzo	2.541	13.346	2.541	13.346	2.097	13.346	2.541	13.346
	Abril	2.575	12.660	2.575	12.660	2.041	12.660	2.575	12.660
	Mayo	2.337	12.291	2.337	12.291	2.411	12.291	2.337	12.291
	Junio	2.364	10.365	2.364	10.365	2.176	10.365	2.364	10.365
	Julio	2.375	10.275	2.375	10.275	2.311	10.275	2.375	10.275
	Agosto	2.456	10.920	2.456	10.920	2.119	10.920	2.456	10.920
	Septiembre	2.461	11.882	2.461	11.882	2.187	11.882	2.461	11.882
	Octubre	2.631	13.047	2.631	13.047	2.513	13.047	2.631	13.047
	Noviembre	2.800	13.703	2.800	13.703	2.714	13.703	2.800	13.703
	Diciembre	2.596	13.483	2.596	13.483	2.397	13.483	2.596	13.483
Máximo	Enero	5.055	16.230	5.055	16.230	5.874	16.230	5.055	16.230
	Febrero	5.088	15.990	5.088	15.990	5.340	15.990	5.088	15.990
	Marzo	5.329	15.821	5.329	15.821	5.129	15.821	5.329	15.821
	Abril	5.304	15.506	5.304	15.506	5.538	15.506	5.304	15.506
	Mayo	4.831	14.986	4.831	14.986	5.274	14.986	4.831	14.986
	Junio	4.754	13.966	4.754	13.966	5.395	13.966	4.754	13.966
	Julio	4.861	13.562	4.861	13.562	5.776	13.562	4.861	13.562
	Agosto	5.332	14.250	5.332	14.250	6.568	14.250	5.332	14.250
	Septiembre	5.621	15.515	5.621	15.515	6.757	15.515	5.621	15.515
	Octubre	5.673	16.233	5.673	16.233	6.165	16.233	5.673	16.233
	Noviembre	5.493	16.708	5.493	16.708	6.007	16.708	5.493	16.708
	Diciembre	5.395	16.142	6.318	16.142	5.789	16.142	5.395	16.142
Media	Enero	3.782	14.716	3.782	14.716	3.893	14.716	3.782	14.716
	Febrero	3.806	14.792	3.806	14.792	3.580	14.792	3.806	14.792
	Marzo	4.002	14.566	4.002	14.566	3.510	14.566	4.002	14.566
	Abril	4.121	14.091	4.121	14.091	3.762	14.091	4.121	14.091
	Mayo	3.666	13.571	3.666	13.571	3.750	13.571	3.666	13.571
	Junio	3.433	12.290	3.433	12.290	3.623	12.290	3.433	12.290
	Julio	3.454	12.050	3.454	12.050	3.603	12.050	3.454	12.050

Agosto	3.833	12.688	3.833	12.688	3.979	12.688	3.833	12.688
Septiembre	4.189	13.734	4.189	13.734	4.361	13.734	4.189	13.734
Octubre	3.975	14.776	3.975	14.776	4.315	14.776	3.975	14.776
Noviembre	4.133	15.239	4.133	15.239	4.403	15.239	4.133	15.239
Diciembre	3.969	14.911	3.969	14.911	4.036	14.911	3.969	14.911

Fuente: Autores

3.4 Modelación de la Curva de Demanda de una Electrolinera

3.4.1 Análisis del *comportamiento de la Curva de demanda de una electrolinera*

con un cargador de 6 kW

La Universidad Privada Boliviana tiene una estación de carga con un flujo constante de vehículos eléctricos, lo que permite observar patrones de demanda que pueden replicarse en otros contextos urbanos con características comparables. Además, la disponibilidad de datos históricos de demanda energética de dicha universidad proporciona una base sólida para la elaboración de modelos más específicos.

Dicha universidad, generó una curva de demanda eléctrica proyectada para la estación de recarga, a partir de los datos proporcionados por empresas de radio taxi sobre el flujo horario de vehículos en sus centrales, construyendo perfiles que representan la cantidad de unidades a lo largo del tiempo. Este análisis consideró el estado inicial de carga de las baterías según su tipo (plomo-ácido o ion-litio), la potencia de los cargadores y el tiempo necesario para completar un ciclo de carga.

Vargas Fuentes y otros (2024), estimaron las curvas de demanda para diversas combinaciones, incluyeron un escenario con 6 vehículos simultáneos (3 de cada tecnología de batería), los cuales iniciaron la jornada laboral con niveles de carga al 100%, 75% y 50% de su capacidad. Además, se determinaron curvas promedio para cada tipo de batería y una curva global que integra ambas tecnologías. Ver Figura 26.

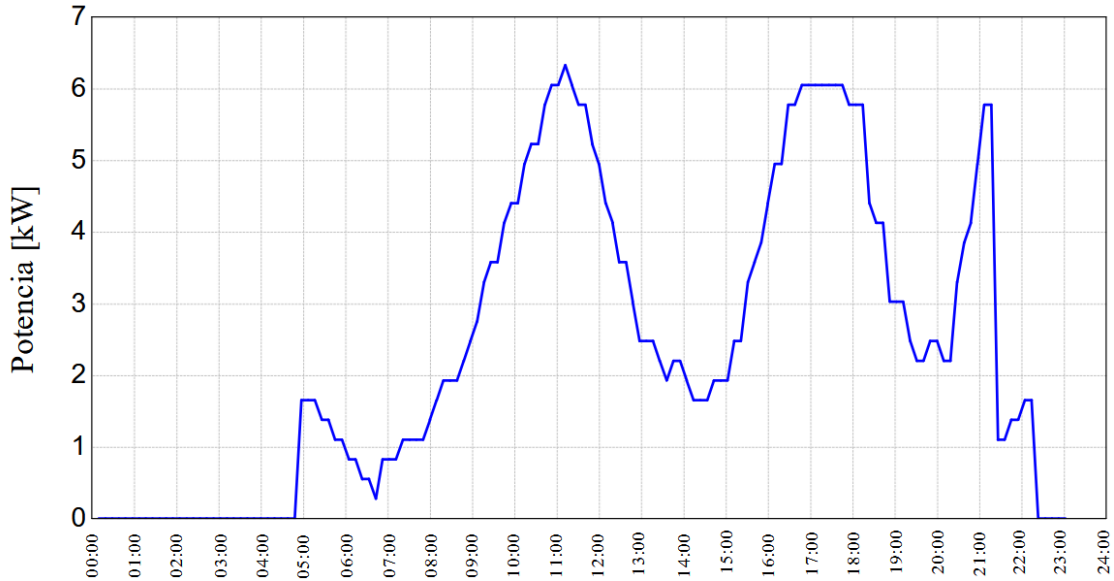


Figura 26. Curva de Demanda Eléctrica de una electrolinera de 6 kW
Fuente: (Vargas Fuentes y otros, 2024)

3.4.2 Curva de Demanda Eléctrica elaborada con Python.

El presente análisis tiene como objetivo principal estudiar cómo varía la demanda eléctrica a lo largo del día, identificando los horarios de mayor afluencia en los centros comerciales seleccionados. Para ello, se desarrolló un código en Python que integra datos técnicos de los modelos de vehículos eléctricos más comunes en el país, considerando la capacidad de sus baterías y su potencia máxima de carga.

Adicionalmente, se implementó una distribución probabilística de llegadas basada en patrones típicos de uso diario de los centros comerciales. Con base en esta información, se simuló el comportamiento de carga de los vehículos eléctricos y se generó una curva de demanda eléctrica a lo largo del día.

3.4.2.1 Pseudocódigo del modelo de simulación

A continuación, se presenta el pseudocódigo que describe la implementación de la simulación:

```

1 INICIO
2 # Definir las características de los vehículos eléctricos
3 Definir vehiculos como un diccionario con los siguientes datos por modelo:
4   - Capacidad de batería en kWh
5   - Potencia máxima de carga en kW
6 # Definir parámetros de la estación de carga
7 Definir n_cargadores = 5 # Número total de cargadores disponibles
8 Definir potencia_cargador = 20 # Potencia máxima de carga por cargador en kW
9 # Crear una lista de tiempos con intervalos de 15 minutos en un día (24 horas)
10 Definir tiempo como un arreglo con valores de 0 a 24 con incremento de 0.25
11 # Inicializar probabilidades de llegada de vehículos en función de la hora
12 Inicializar prob_horas como un arreglo de ceros con el tamaño de tiempo
13 # Asignar probabilidades de llegada en distintos horarios
14 Para cada intervalo de tiempo:
15   Si tiempo en (10:00 a 12:00), establecer probabilidad en 0.025
16   Si tiempo en (12:00 a 14:00), establecer probabilidad en 0.06
17   Si tiempo en (14:00 a 17:00), establecer probabilidad en 0.03
18   Si tiempo en (17:00 a 20:00), establecer probabilidad en 0.07
19   Si tiempo en (20:00 a 22:00), establecer probabilidad en 0.04
20 # Asegurar una probabilidad mínima en horarios de apertura
21 Para cada intervalo en (10:00 a 12:00):
22   Si prob_horas[i] < 0.005, establecer prob_horas[i] = 0.005
23 # Normalizar las probabilidades para que sumen 1
24 Normalizar prob_horas dividiendo cada valor entre la suma total del arreglo
25 # Lista de modelos de vehículos disponibles
26 Definir vehiculos_simulados como una lista con los nombres de los vehículos en vehiculos
27 # Simular la llegada de vehículos en cada intervalo de 15 minutos
28 Definir llegadas_horarias como un arreglo generado con distribución multinomial de 8 vehículos usando prob_horas
29 # Inicializar el registro de la potencia demandada en cada intervalo de tiempo
30 Definir potencia_demanda como un arreglo de ceros del tamaño de tiempo
31 # Simulación del proceso de carga de los vehículos en la electrolinera
32 Para cada intervalo de tiempo i en tiempo:
33   # Obtener la cantidad de vehículos que llegan en este intervalo
34   Definir vehiculos_en_intervalo = llegadas_horarias[i]
35   # Si hay vehículos en el intervalo, calcular su demanda de energía
36   Si vehiculos_en_intervalo > 0:
37     Para cada vehículo en el intervalo:
38       # Seleccionar un vehículo aleatorio de vehiculos_simulados
39       Seleccionar vehiculo = un modelo aleatorio de vehiculos_simulados
40       # Asignar un estado de carga (SoC) inicial aleatorio entre 20% y 80%
41       Definir soc_inicial = valor aleatorio entre 0.2 y 0.8
42       # Calcular la energía necesaria para completar la carga del vehículo
43       Definir energia_necesaria = capacidad de batería del vehiculo * (1 - soc_inicial)
44       # Determinar la potencia de carga del vehículo (limitada por el cargador)
45       Definir potencia_vehiculo = mínimo(vehiculo["potencia_max_kw"], potencia_cargador)
46       # Calcular la duración de la carga en intervalos de 15 minutos
47       Definir duracion_carga = redondear hacia arriba (energia_necesaria / potencia_vehiculo / 0.25)
48       # Distribuir la demanda de energía a lo largo de los intervalos siguientes
49       Para cada intervalo t desde i hasta mínimo(i + duracion_carga, tamaño de tiempo):
50         potencia_demanda[t] += mínimo(energia_necesaria, potencia_vehiculo)
51         energia_necesaria -= potencia_vehiculo * 0.25
52       # Si la energía requerida ya se completó, terminar la carga
53       Si energia_necesaria <= 0:
54         Romper el bucle
55 # Ajustar la potencia máxima demandada considerando la capacidad total de los cargadores
56 Para cada intervalo en potencia_demanda:
57   Si potencia_demanda[i] > n_cargadores * potencia_cargador:
58     potencia_demanda[i] = n_cargadores * potencia_cargador
59 # Generar la gráfica de demanda eléctrica
60 Crear una nueva figura con tamaño (14,7)
61 Graficar tiempo vs. potencia_demanda con línea verde y marcadores
62 # Etiquetar cada punto de la gráfica si la potencia es mayor a 0
63 Para cada valor en potencia_demanda:
64   Si potencia > 0:
65     Agregar etiqueta con el valor de potencia en la gráfica
66 # Configurar etiquetas de los ejes y el título de la gráfica
67 Asignar título "Curva de Demanda Eléctrica"
68 Asignar etiquetas a los ejes: "Hora" (x) y "Potencia [kW]" (y)
69 Configurar etiquetas en el eje X cada 15 minutos en formato HH:MM
70 Activar la cuadrícula de la gráfica
71 # Mostrar la gráfica final
72 Mostrar gráfica
73 FIN

```

Figura 27. Pseudocódigo de Python

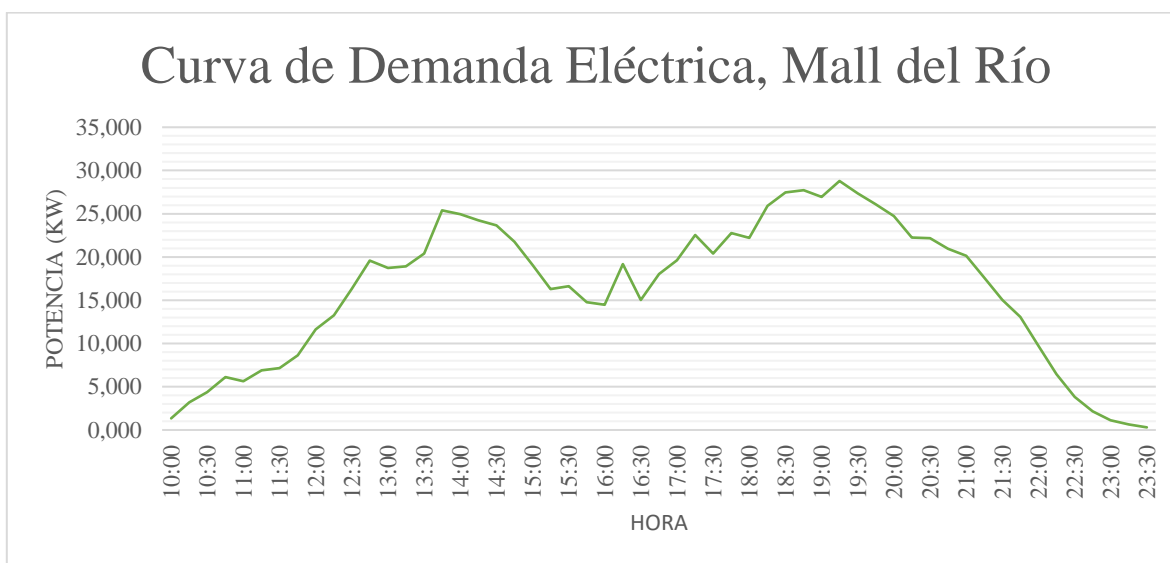
Fuente: Autores

3.5 Elección de gráfica mediante el teorema central del límite

Se realizó 40 simulaciones obteniendo tres mil ochocientas cuarenta muestras ya que el teorema central nos dice que cuando el tamaño de una muestra es suficientemente grande, (generalmente mayor a 30), la distribución de la media muestral tiende a aproximarse a una distribución normal, sin importar la distribución original de la variable. En otras palabras, si se toman múltiples muestras de tamaño n ($n > 30$) y se calculan sus medias, estas seguirán un comportamiento cercano a una distribución normal (Díaz, 2016).

Las muestras obtenidas fueron procesadas en tablas de Excel, omitiendo los valores registrados entre las 23:45 y las 09:45, debido a que los centros comerciales permanecen cerrados en ese período. Posteriormente, se calculó su media, la cual sirvió como base para generar una curva promedio tanto para el Mall del Río como para las demás ubicaciones. Para más detalles, los resultados correspondientes al Mall del Río se presentan en los Anexo A y Anexo B, mientras que los de las demás ubicaciones se encuentran en los Anexo C y Anexo D.

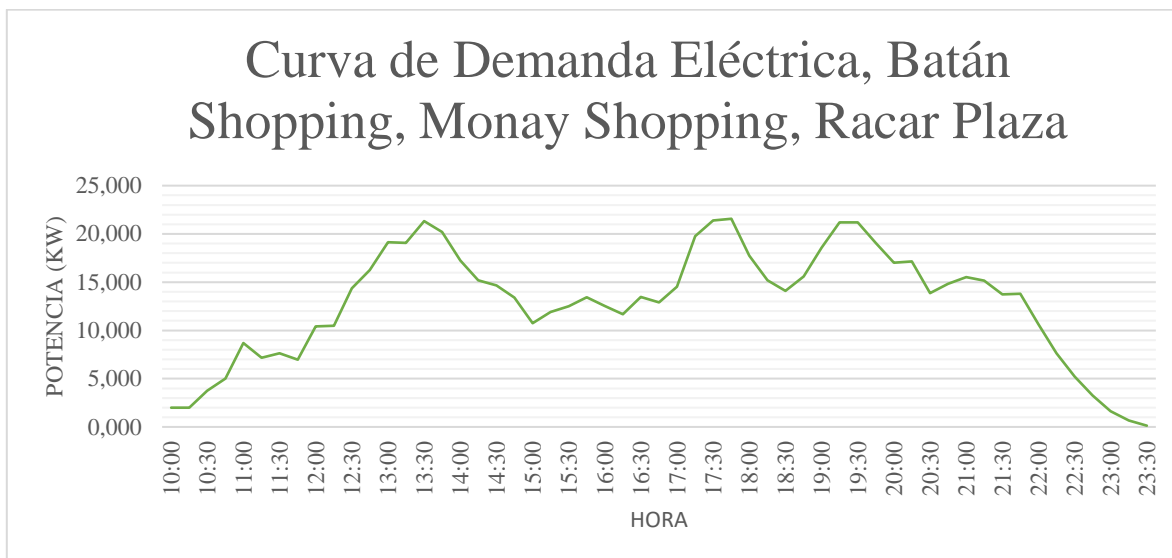
La primera curva de demanda es realizada en la estación de carga ubicada en el Mall del Río, la cual se estima que dispondrá de cinco electrolinerías cada una con dos terminales de carga simultánea, debido a la disponibilidad de área y afluencia de vehículos eléctricos en la ciudad de Cuenca. Ver Gráfica 1.



Gráfica 1. Curva de Demanda Eléctrica, Mall del Río
Fuente: Autores

La segunda curva de demanda se ha desarrollado para las estaciones de carga ubicadas en Batán Shopping, Monay Shopping y Racar Plaza. Se estima que cada una contará con tres electrolinerías, equipadas con dos terminales de carga simultánea, considerando la disponibilidad de espacio y la afluencia de vehículos eléctricos en la ciudad de Cuenca. Se ha aplicado la misma curva de demanda para Batán Shopping y Monay Shopping debido a

la similitud en sus áreas de influencia, mientras que en el caso de Racar Plaza, se ha considerado su ubicación geográfica. Ver Gráfica 2.



Gráfica 2. Curva de Demanda Eléctrica, Batán Shopping, Monay Shopping, Racar Plaza
Fuente: Autores

3.6 Modelación en Homer

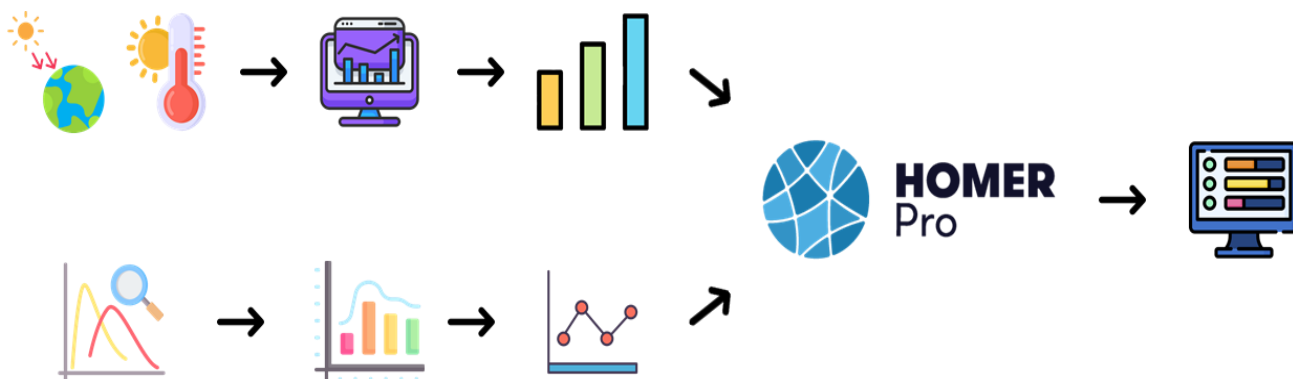


Figura 28. Ingreso de Datos y Modelación en Homer
Fuente: Autores

En este estudio, se utiliza el software HOMER Pro para simular el funcionamiento de sistemas fotovoltaicos conectados a la red y su integración en electrolineras, permitiendo analizar su viabilidad en diferentes escenarios. Para ello, se desarrollan tres casos de estudio por ubicación, considerando variaciones en la radiación solar y la temperatura. Este enfoque permitirá identificar la configuración óptima del sistema, garantizando un equilibrio entre eficiencia energética, costos de inversión y operación.

El ingreso de datos en HOMER tiene como objetivo obtener simulaciones precisas que posibiliten la evaluación de la viabilidad técnica y económica del sistema fotovoltaico

proyectado para las electrolinerías, ajustándose a las condiciones específicas de cada ubicación. Ver Figura 28.

Los parámetros de entrada incluyen:

1. **Curva de Carga:** La curva de demanda energética se genera mediante programación en Python, lo que permite modelar de manera precisa el comportamiento de consumo en las estaciones de carga. Se consideran variables clave, como el número de vehículos eléctricos, los horarios de mayor afluencia y las características de los terminales de carga. Este enfoque asegura que la curva refleje patrones reales de consumo energético, proporcionando datos precisos para el diseño óptimo del sistema fotovoltaico.
2. **Tipos de Paneles Solares:** Se evalúan las tres opciones disponibles de paneles solares, con potencias nominales de 560 W, 580 W y 610 W, y precios respectivos de \$172, \$170 y \$179. Estos datos se ingresan para determinar la combinación óptima en términos de costo-beneficio, considerando el precio inicial y la capacidad de generación.
3. **Inversores:** Se consideran inversores de 50 kW y 75 kW, con precios de \$5500 y \$5940 respectivamente. Estos valores son esenciales para calcular el dimensionamiento y el costo del sistema, garantizando que los inversores sean adecuados para manejar la potencia generada por los paneles seleccionados.
4. **Precio de la Energía en la Red:** El precio del kWh, fijado en \$0.08, se incluye para comparar el costo de la energía proveniente de la red convencional con la generada por el sistema fotovoltaico. Este dato es crucial para el análisis económico, especialmente para calcular el retorno de inversión y los ahorros a largo plazo.

Al ingresar estos datos en HOMER, el software puede simular distintos escenarios, optimizar el sistema y determinar la configuración que ofrezca el mejor equilibrio entre costos de instalación, operación y eficiencia energética. Esto garantiza un diseño rentable y sostenible para las electrolinerías en los centros comerciales de Cuenca.

3.7 Proyección del número de vehículos eléctricos

Para estimar la demanda futura de estaciones de carga, se establece una relación entre los años (X) y el número de vehículos eléctricos (y) mediante un modelo de regresión polinómica de segundo grado:

$$y = aX^2 + bx + c \quad (1)$$

Donde:

- y es el número de vehículos eléctricos.
- X es el año.
- a, b, c son los coeficientes que ajustaremos con los datos históricos.

Según Sánchez Loor (2022), en el año 2021 la ciudad de Cuenca contaba con 55 vehículos eléctricos. Además, en su estudio proyecta que para el año 2034 esta cifra alcanzará los 580 vehículos eléctricos. Por otro lado, la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE) reporta que en el año 2023 el número de vehículos eléctricos en Cuenca aumentó a 114. Para realizar la regresión polinómica, se construyen las siguientes matrices:

Matriz de datos históricos:

$$X = \begin{bmatrix} 2021 \\ 2023 \\ 2034 \end{bmatrix}$$

Matriz de diseño con términos cuadráticos:

$$X_{poly} = \begin{bmatrix} 2021^2 & 2021 & 1 \\ 2023^2 & 2023 & 1 \\ 2034^2 & 2034 & 1 \end{bmatrix}$$

$$X_{poly} = \begin{bmatrix} 4084441 & 2021 & 1 \\ 4092529 & 2023 & 1 \\ 4137156 & 2034 & 1 \end{bmatrix}$$

Vector de valores reales (número de vehículos eléctricos):

$$y = \begin{bmatrix} 55 \\ 114 \\ 580 \end{bmatrix}$$

Cálculo de los coeficientes del modelo:

Los coeficientes a, b y c se obtienen resolviendo el siguiente sistema de ecuaciones

$$(X_{poly}^T * X_{poly})^{-1} * X_{poly}^T * y \tag{2}$$

Donde:

- X_{poly}^T es la transpuesta de la matriz X_{poly}
- $(X_{poly}^T * X_{poly})^{-1}$ es la matriz inversa del producto $X_{poly}^T * X_{poly}$
- y número de vehículos

Los coeficientes a,b,c, serían los siguientes:

$$a = 0.989514344 \quad b = -3972.09605 \quad c = 3.98604817 * 10^6$$

Sustituyendo $X = 2050$ en la ecuación (1), obtendríamos:

$$y(2050) = 0.989514344 * (2050)^2 - 3972.09605 * 2050 + 3.98604817 * 10^6$$

$$y(2050) = 1685.29$$

Por lo tanto, para 2050, el número estimado de vehículos eléctricos en Cuenca será de 1685, coincidiendo con la vida útil de nuestro proyecto (25 años).

3.8 Infraestructura de Carga

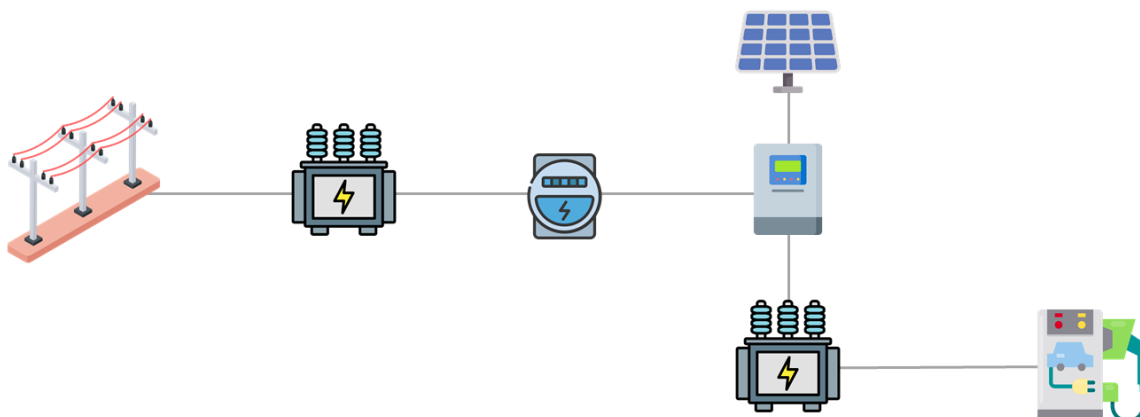


Figura 29. Diagrama de Infraestructura de Carga
Fuente: Autores

La infraestructura de carga para electrolineras integradas con sistemas fotovoltaicos fue diseñada para garantizar eficiencia energética, seguridad operativa y sostenibilidad ambiental. Esta infraestructura consta de diversos componentes clave que permiten un suministro confiable de energía a los vehículos eléctricos, integrando tecnologías renovables y conectándose a la red eléctrica convencional como respaldo.

3.8.1 Equipamiento Eléctrico

El equipamiento eléctrico es fundamental para el funcionamiento de las electrolineras. Incluye transformadores, inversores, sistemas de protección eléctrica, tableros de distribución y cableado especializado.

- **Inversores:** Son responsables de convertir la energía de corriente continua (DC), generada por los paneles fotovoltaicos, en corriente alterna (AC) para su uso en las estaciones de carga. Cada ubicación contará con:
 - Mall del Río: Inversor de 75 kW.
 - Monay Shopping, Racar Plaza y Batan Shopping: Inversores de 50 kW.
- **Sistemas de protección eléctrica:** Garantizan la seguridad del sistema, previniendo daños por sobrecargas, cortocircuitos o fallos eléctricos.
- **Tableros de distribución:** Distribuyen de manera eficiente la energía hacia los diferentes puntos de carga, asegurando un suministro equilibrado y seguro.

3.8.2 Conexión a la Red

La conexión a la red eléctrica desempeña un papel crítico en la operación de las electrolineras, especialmente en momentos de insuficiencia de generación fotovoltaica. Esta conexión asegura la estabilidad del sistema y la continuidad del servicio.

Para lograrlo, se implementarán sistemas bidireccionales que permitan no solo el consumo de energía de la red, sino también la inyección de excedentes generados por los paneles

fotovoltaicos cuando la producción supere la demanda. Esto contribuye significativamente a la eficiencia energética y a la sostenibilidad del sistema.

En cada centro comercial seleccionado se instalará un medidor bidireccional, el cual registrará tanto la energía consumida de la red como la energía generada y exportada por el sistema fotovoltaico. Este sistema permite un monitoreo eficiente y facilita la gestión energética, maximizando el aprovechamiento de la energía renovable.

3.8.3 *Sistema fotovoltaico*

Los paneles solares son el componente principal de generación de energía renovable en el sistema. Se utilizarán paneles solares de 610 W por módulo en cada una de las ubicaciones de los centros comerciales, diseñados para maximizar una generación eficiente y estable de energía renovable, contribuyendo al suministro de las electrolineras.

3.8.4 *Estación de Carga*

La electrolinera o estación de carga es el punto de conexión directa entre la infraestructura energética y los vehículos eléctricos. Cada centro comercial contará con una estación de carga con las siguientes características:

- Capacidad total: 40 kW.
- Puertos de carga: Dos puertos por electrolinera, cada uno con una capacidad de 20 kW.

3.8.4.1 **Cálculo la capacidad de carga de la infraestructura actual**

Para garantizar el abastecimiento de los 1685 vehículos eléctricos, se consideran tanto los puntos de carga existentes como la necesidad de nuevos cargadores.

Cada cargador tiene una potencia y una disponibilidad horaria específica, y la cantidad de vehículos que puede atender por día se calcula con la ecuación:

$$C_{ajustada} = C_{base} * \frac{P_{real}}{P_{base}} * \frac{H_{real}}{H_{base}} \quad (3)$$

Donde:

- C_{base} representan 46.8 vehículos/día (capacidad de un cargador de 22 kW disponible 16 horas/día).
- P_{real} es la potencia real del cargador en kW.
- $P_{base} = 22$ kW.
- H_{real} son las horas de disponibilidad del cargador.
- $H_{base} = 16$ horas/día.

Aplicamos la fórmula (3) a los diferentes cargadores existentes en Cuenca:

Universidad de Cuenca (Disponibilidad 16h/día)

- Kia (7.2 kW)

$$C_{Kia} = 46.8 * \frac{7.2}{22} = 15.3 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

- Tipo 1 (7.4 kW)

$$C_{Tipo1} = 46.8 * \frac{7.4}{22} = 15.7 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

- Tipo 2 (7.2 kW)

$$C_{Tipo2} = 46.8 * \frac{7.2}{22} = 15.3 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Parque de la Madre (Disponibilidad 15h/d\u00eda)

- NEMA 5-15 (3.7 kW, 4 unidades)

$$C_{NEMA} = 4 * 46.8 * \frac{3.7}{22} * \frac{15}{16} = 29.51 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

- Tipo 1 (7.4 kW)

$$C_{Tipo1} = 46.8 * \frac{7.4}{22} * \frac{15}{16} = 14.7 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Centro Sur (Disponibilidad 16h/d\u00eda)

- Cargador de 7 kW, 3 unidades

$$C_{7kw} = 3 * 46.8 * \frac{7}{22} * \frac{11}{16} = 30.7 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Wayra Plaza (Disponibilidad 11h/d\u00eda)

- Cargador de 7 kW, 3 unidades

$$C_{7kw} = 3 * 46.8 * \frac{7}{22} * \frac{11}{16} = 30.7 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

- Cargador de 90 kW, 3 unidades

$$C_{90kw} = 3 * 46.8 * \frac{90}{22} * \frac{11}{16} = 394 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Capacidad total de la infraestructura actual:

$$C_{Total} = 834.22 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Estos nos indica que la infraestructura actual puede abastecer aproximadamente 834.22 veh\u00edculos el\u00e9ctricos por d\u00eda.

3.8.4.2 C\u00e1lculo de cargadores necesarios para 2050

La capacidad de un cargador semi-r\u00e1pido de 20 kW, considerando un horario de atenci\u00f3n de 12 horas diarias en los centros comerciales, se calcula mediante la ecuaci\u00f3n (3):

$$C_{cargador\ 20kw} = 46.8 * \frac{20}{22} * \frac{12}{16} = 31.9 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Para satisfacer la demanda total de 1,685 veh\u00edculos por d\u00eda, es necesario a\u00f1adir cargadores adicionales, los cuales se determinarán mediante la siguiente ecuación:

$$N_{cargadores} = \frac{V_{2050} - C_{existente}}{C_{cargadores\ 20kw}} \quad (4)$$

Donde:

- $V_{2050} = 1685$ veh\u00edculos el\u00e9ctricos
- $C_{existente} = 834.22$ veh\u00edculos el\u00e9ctricos
- $C_{cargadores\ 20kw} = 31.9$ veh\u00edculos el\u00e9ctricos

Sustituyendo los valores tenemos como resultado:

$$N_{cargadores} = \frac{1685 - 834.22}{31.9}$$

$$N_{cargadores} = 26.67 \approx 27$$

La instalaci\u00f3n de 28 cargadores semi-r\u00e1pidos, en lugar de los 27 proyectados, responde a la necesidad de garantizar redundancia operativa, evitar saturaciones en los puntos de carga y preparar la infraestructura para el crecimiento futuro del parque vehicular el\u00e9ctrico. La distribuci\u00f3n propuesta es:

- 10 cargadores en Mall del R\u00edo (centro comercial con mayor afluencia).
- 6 cargadores en Racar, Monay y Batan, debido a sus caracter\u00edsticas similares.

Esta distribuci\u00f3n optimiza el uso del espacio, equilibra la cobertura geogr\u00e1fica y mejora la experiencia de los usuarios al minimizar los tiempos de espera.

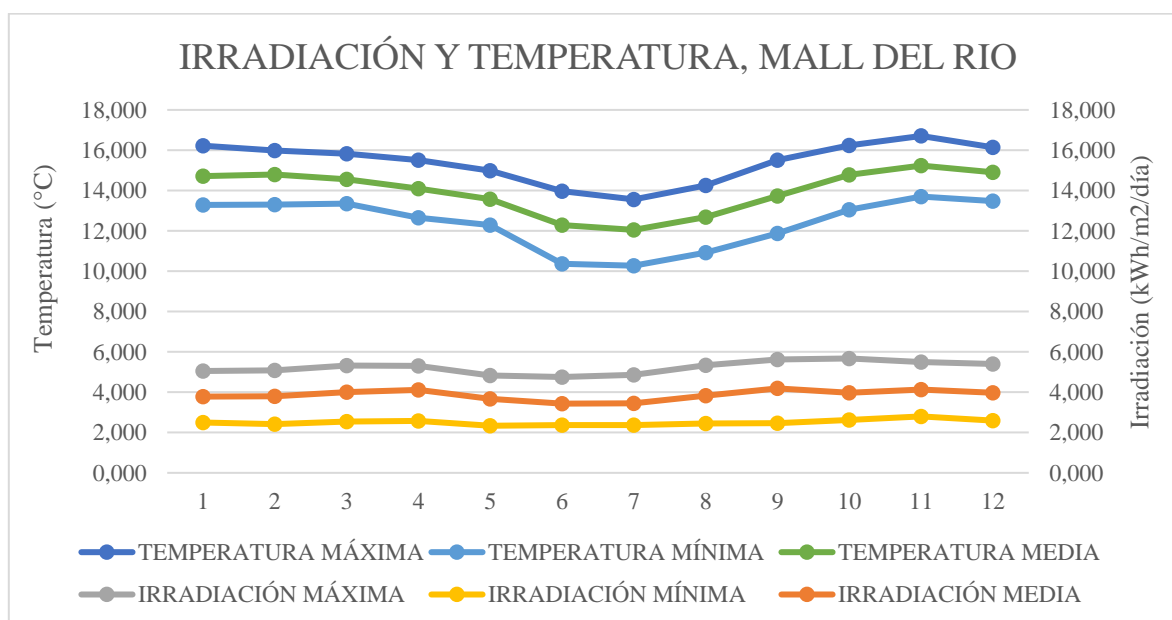
CAPITULO IV

4. RESULTADOS

Este capítulo presenta los resultados obtenidos a partir de las simulaciones realizadas en el software HOMER y curva de demanda elaborada por Python, los análisis del recurso solar y la demanda energética y la evaluación técnica de la infraestructura de carga.

4.1 Análisis del Recurso Solar

Variabilidad estacional: Se analiza cómo varía la disponibilidad del recurso solar a lo largo del año y su impacto en la producción de energía en los meses de menor y mayor irradiación en el periodo 2013 - 2023.

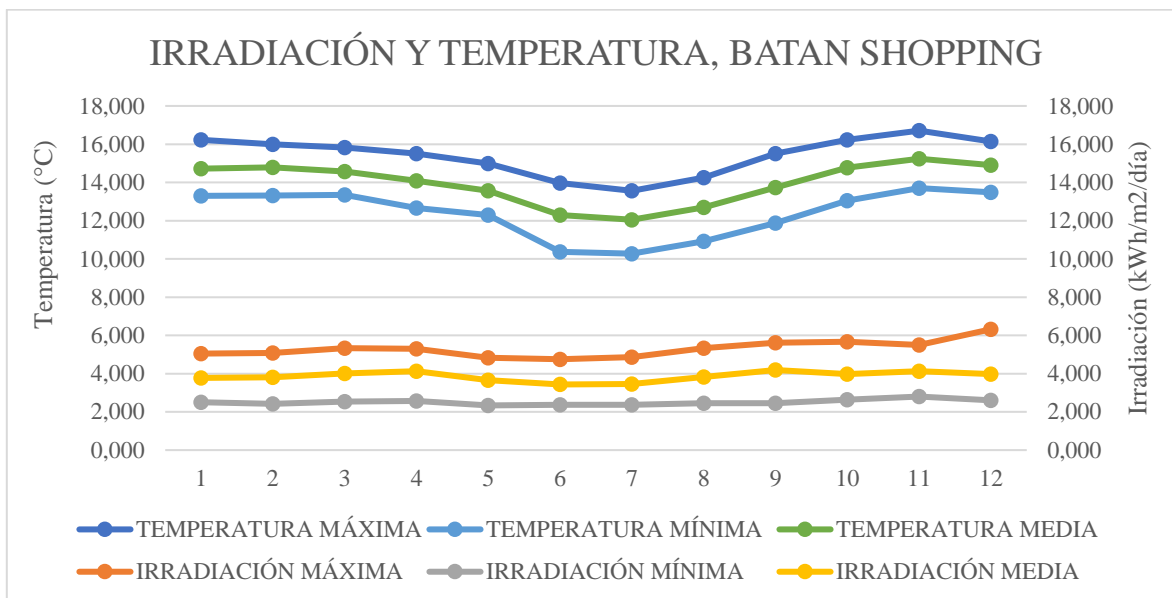


Gráfica 3. Irradiación y Temperatura, Mall del Río
Fuente: Autores

Analizando la Gráfica 3, se observa una clara variación estacional tanto en la irradiación solar como en la temperatura. La irradiación solar máxima se alcanza en octubre, llegando a 5.673kWh/m²/día, mientras que los valores mínimos se registran en mayo, disminuyendo hasta alrededor de 2.337 kWh/m²/día. De manera similar, la temperatura máxima se presenta en noviembre, alcanzando los 16.708°C, y la temperatura mínima se registra en julio, disminuyendo hasta 10.275°C. Esta información es relevante para evaluar el potencial de generación de energía solar y las condiciones climáticas en la zona del Mall del Río.

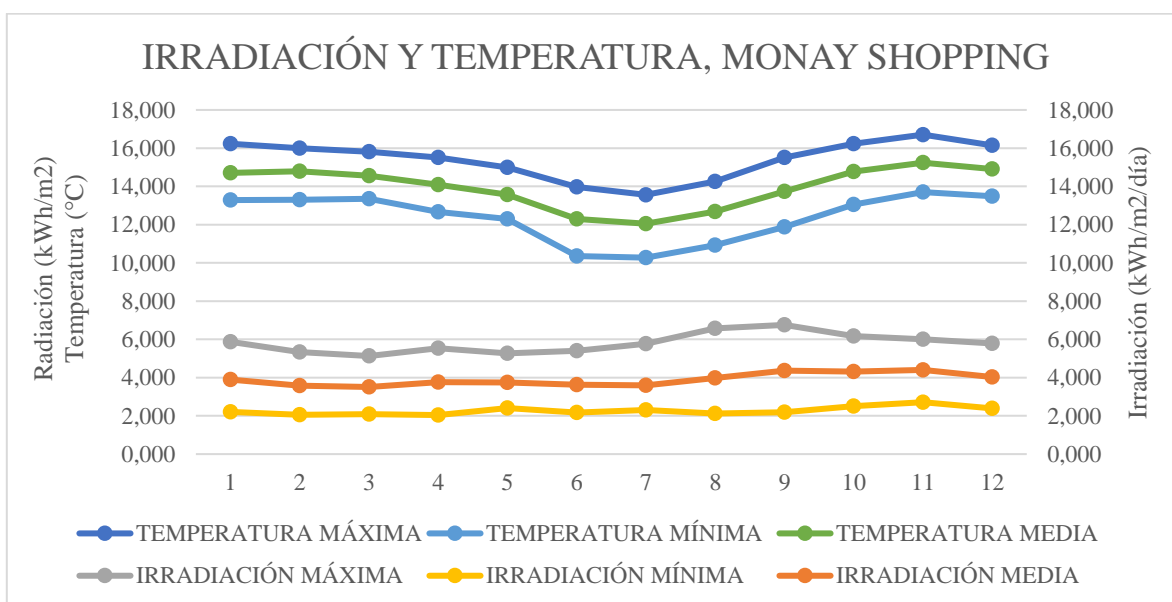
Cabe destacar que la irradiación solar y la temperatura son variables interdependientes, ya que la irradiación incidente en los paneles solares también contribuye al aumento de la temperatura de los mismos. Por lo tanto, es importante analizar estas dos variables de manera conjunta para obtener una visión de las condiciones climáticas en cada una de las ubicaciones

De manera similar, se lleva a cabo el mismo análisis para las demás ubicaciones incluidas en el estudio.



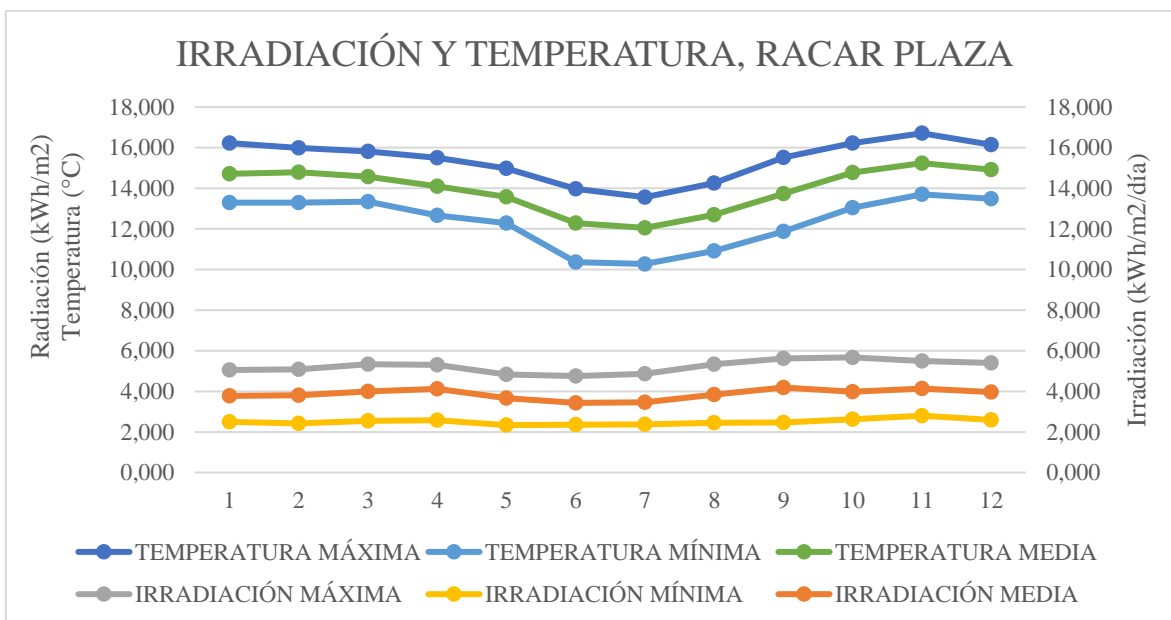
Gráfica 4. Irradiación y Temperatura, Batán Shopping
Fuente: Autores

En la zona de Batán Shopping, la irradiación solar máxima se alcanza en el mes de diciembre, llegando a 6.318 kWh/m²/día, mientras que los valores mínimos se registran en mayo, disminuyendo hasta alrededor de 2.337 kWh/m²/día. De manera similar, la temperatura máxima se presenta en noviembre, alcanzando los 16.708°C, y la temperatura mínima se registra en julio, disminuyendo hasta 10.275°C, ver Gráfica 4.



Gráfica 5. Irradiación y Temperatura, Monay Shopping
Fuente: Autores

En Monay Shopping, podemos observar que el mes de septiembre presenta la mayor irradiación solar con un valor de 6.757 kWh/m²/día, mientras que en abril se alcanza el nivel más bajo, cercano a 2.041 kWh/m²/día. De igual manera, la temperatura más alta se registra en noviembre con 16.708°C, y la más baja en el mes de julio, descendiendo hasta 10.275°C, ver Gráfica 5.



Gráfica 6. Irradiación y Temperatura, Racar Plaza
Fuente: Autores

Los niveles de irradiación en la zona de Racar Plaza varían a lo largo del año, alcanzando su valor más alto en el mes de octubre, con 5.673 kWh/m²/día, mientras que en mayo registra su punto más bajo, situándose en 2.337 kWh/m²/día. En cuanto a la temperatura, noviembre experimenta su mayor registro con 16.708°C, mientras que su nivel más bajo se registra en el mes de julio, cuando desciende hasta los 10.275°C, ver Gráfica 6.

4.2 Resultados Modelación en Software Homer

En esta sección se presentan los resultados obtenidos a partir de la simulación del sistema fotovoltaico conectado a la red en los cuatro centros comerciales seleccionados (Mall del Río, Batán Shopping, Monay Shopping y Racar Plaza).

A continuación, se presentan gráficos y tablas con los valores de generación energética mensual y anual de los sistemas fotovoltaicos modelados en HOMER.

En la Tabla 5, se presenta un análisis detallado del comportamiento energético en cuatro centros comerciales de Cuenca, que disponen de sistemas fotovoltaicos. En este análisis se incluyen tres aspectos esenciales: la cantidad de energía generada por los paneles solares y su relación con el sistema eléctrico convencional. Para el Mall del Río, la energía producida por los paneles fotovoltaicos (98.969 kWh/año) excede las necesidades energéticas de las estaciones de carga en el centro comercial, que son de 80.399 kWh/año, lo que permite que

el excedente de 18.570 kWh/año sea enviado a la red eléctrica. Esta inyección de energía contribuye al suministro eléctrico general, mostrando cómo los sistemas fotovoltaicos no solo cubren la demanda interna, sino que también pueden apoyar a la red local sin beneficio alguno.

En cambio, en los centros comerciales Batán Shopping, Monay Shopping y Racar Plaza, la energía generada no es suficiente para satisfacer la demanda anual de 64.375 kWh/año de cada estación de carga. Como consecuencia, estas estaciones de carga deben recurrir a la red eléctrica para completar su consumo energético. Por ejemplo, las estaciones de carga de Batán Shopping requieren un aporte adicional de 3.553 kWh/año, mientras que Monay Shopping y Racar Plaza absorben 3.264 kWh/año y 3.576 kWh/año, respectivamente.

Tabla 5. Distribución Energética del Sistema Fotovoltaico: Generación, Demanda e Inyección en Centros Comerciales

Ubicación Geográfica	Distribución Energética	Energía MWh/año
Mall del Río	Energía Fotovoltaica Generada	98.969
	Energía Requerida	80.399
	Inyección a la Red	18.570
Batán Shopping	Energía Fotovoltaica Generada	60.822
	Energía Requerida	64.375
	Absorción de la Red	3.553
Monay Shopping	Energía Fotovoltaica Generada	61.111
	Energía Requerida	64.375
	Absorción de la Red	3.264
Racar Plaza	Energía Fotovoltaica Generada	60.799
	Energía Requerida	64.375
	Absorción de la Red	3.576

Fuente: Autores

4.3 Análisis de las Caídas de Tensión y la Relación de Transformación

Se realizó un cálculo utilizando la herramienta Excel para evaluar los niveles de tensión en las electrolinerías ubicadas en el Mall del Río, Batán Shopping, Monay Shopping y Racar Plaza. Este análisis considera dos tramos fundamentales del sistema eléctrico: el primero, desde la salida del inversor hasta el voltaje primario del transformador monofásico elevador (220 V / 400 V); y el segundo, desde el lado secundario del transformador hasta el tablero de distribución de las electrolinerías.

Para simular el comportamiento real del sistema, se consideró la conexión progresiva de las electrolinerías y sus puntos de carga, iniciando con un solo punto de carga en funcionamiento

y agregando los demás de manera secuencial hasta alcanzar la carga total del sistema. Los resultados se presentan en las Tabla 6 Tabla 7 Tabla 8 Tabla 9.

Tabla 6. Caída de Tensión y Relación de Transformación, Mall del Río

Mall del Río					
Punto de Carga	Caída de Tensión		Relación de Transformación	Caída de Tensión	
	Inversor a la Entrada del Transformador (220V)	Inversor a la Entrada del Transformador (%)	Voltaje Secundario del Transformador	Salida del Transformador (400V) a los Puntos de Carga	Salida del Transformador a los Puntos de Carga (%)
1	219.9999883	0.0000053%	400	399.9343994	0.0164002%
2	219.9999767	0.0000106%	399.9964973	399.8652961	0.0336760%
3	219.999965	0.0000159%	399.9964761	399.7996742	0.0500814%
4	219.9999533	0.0000212%	399.9964549	399.7340524	0.0664869%
5	219.9999416	0.0000265%	399.9964337	399.6684305	0.0828924%
6	219.99993	0.0000318%	399.9964124	399.6028087	0.0992978%
7	219.9999183	0.0000371%	399.9963912	399.5371868	0.1157033%
8	219.9999066	0.0000424%	399.99637	399.471565	0.1321088%
9	219.9998949	0.0000478%	399.9963488	399.4059431	0.1485142%
10	219.9998833	0.0000531%	399.9963275	399.3403213	0.1649197%

Fuente: Autores

Tabla 7. Caída de Tensión y Relación de Transformación, Batán Shopping

Batán Shopping					
Punto de Carga	Caída de Tensión		Relación de Transformación	Caída de Tensión	
	Inversor a la Entrada del Transformador (220V)	Inversor a la Entrada del Transformador (%)	Voltaje Secundario del Transformador	Salida del Transformador (400V) a los Puntos de Carga	Salida del Transformador a los Puntos de Carga (%)
1	219.999979	0.0000096%	400	399.8819189	0.0295203%
2	219.999958	0.0000191%	399.9964634	399.7603011	0.0599247%
3	219.999937	0.0000287%	399.9964252	399.6421818	0.0894545%
4	219.9999159	0.0000382%	399.996387	399.5240625	0.1189844%
5	219.9998949	0.0000478%	399.9963488	399.4059431	0.1485142%
6	219.9998739	0.0000573%	399.9963106	399.2878238	0.1780440%

Fuente: Autores

Tabla 8. Caída de Tensión y Relación de Transformación, Monay Shopping

Monay Shopping					
Punto de Carga	Caída de Tensión		Relación de Transformación	Caída de Tensión	
	Inversor a la Entrada del Transformador (220V)	Inversor a la Entrada del Transformador (%)	Voltaje Secundario del Transformador	Salida del Transformador (400V) a los Puntos de Carga	Salida del Transformador a los Puntos de Carga (%)
1	219.9999848	0.0000069%	400	399.9147192	0.0213202%

2	219.9999696	0.0000138%	399.9964846	399.825923	0.0435193%
3	219.9999545	0.0000207%	399.996457	399.7406146	0.0648464%
4	219.9999393	0.0000276%	399.9964294	399.6553062	0.0861735%
5	219.9999241	0.0000345%	399.9964018	399.5699978	0.1075006%
6	219.9999089	0.0000414%	399.9963742	399.4846894	0.1288277%

Fuente: Autores

Tabla 9. Caída de Tensión y Relación de Transformación, Racar Plaza

Racar Plaza					
Punto de Carga	Caída de Tensión		Relación de Transformación	Caída de Tensión	
	Inversor a la Entrada del Transformador (220V)	Inversor a la Entrada del Transformador (%)	Voltaje Secundario del Transformador	Salida del Transformador (400V) a los Puntos de Carga	Salida del Transformador a los Puntos de Carga (%)
1	219.9999778	0.0000101%	400	399.9015991	0.0246002%
2	219.9999556	0.0000202%	399.9964591	399.7996573	0.0500857%
3	219.9999335	0.0000302%	399.9964188	399.701216	0.0746960%
4	219.9999113	0.0000403%	399.9963785	399.6027747	0.0993063%
5	219.9998891	0.0000504%	399.9963382	399.5043335	0.1239166%
6	219.9998669	0.0000605%	399.9962978	399.4058922	0.1485269%

Fuente: Autores

Como parte del diseño eléctrico del sistema fotovoltaico, se realizó un cálculo de la caída de tensión desde los módulos solares hasta el inversor, utilizando una hoja de cálculo en Excel. El objetivo de este cálculo es verificar que las pérdidas por conducción se mantengan dentro de los límites establecidos, garantizando así un funcionamiento eficiente y seguro del sistema.

El estudio se llevó a cabo considerando cinco módulos independientes de paneles solares para las electrolineras del Mall del Río, y tres módulos para las electrolineras ubicadas en Batán Shopping, Monay Shopping y Racar Plaza. Cada módulo opera a una tensión nominal de 637 V. Para cada circuito se consideraron variables clave como la potencia instalada, la corriente estimada, el tipo y calibre del conductor (8 AWG superflex), así como la longitud del tendido eléctrico. Ver Tabla 10.

Tabla 10. Caída de Tensión de los Módulos en el tramo Paneles Solares - Inversor

Caída de Tensión de los Módulos en el tramo Paneles Solares - Inversor										
Mall del Río										
Descripción	Tensión (V)	Cantidad de Elementos	Potencia Total (W)	Carga Instalada (kW)	Factor de Potencia	Corriente (A)	Calibre del Conductor	Longitud	Caída de Tensión (V)	Caída de Tensión (%)
Módulo 1 - Paneles Solares	637	2	1220	1.220	0.92	24.90	8 superflex	17	1.564	0.246%
Módulo 2 - Paneles Solares	637	2	1220	1.220	0.92	24.90	8 superflex	20	1.840	0.289%
Módulo 3 - Paneles Solares	637	2	1220	1.220	0.92	24.90	8 superflex	24	2.208	0.347%
Módulo 4 - Paneles Solares	637	2	1220	1.220	0.92	24.90	8 superflex	30	2.760	0.433%

Módulo 5 - Paneles Solares	637	1	610	0.610	0.92	14.45	8 superflex	37	1.976	0.310%
Batán Shopping										
Descripción	Tensión (V)	Cantidad de Elementos	Potencia Total (W)	Carga Instalada (kW)	Factor de Potencia	Corriente (A)	Calibre del Conductor	Longitud	Caída de Tensión (V)	Caída de Tensión (%)
Módulo 1 - Paneles Solares	637	2	1220	1.220	0.92	24.90	8 superflex	25	2.300	0.361%
Módulo 2 - Paneles Solares	637	2	1220	1.220	0.92	24.90	8 superflex	28	2.576	0.404%
Módulo 3 - Paneles Solares	637	2	1220	1.220	0.92	24.90	8 superflex	26	2.392	0.376%
Monay Shopping										
Descripción	Tensión (V)	Cantidad de Elementos	Potencia Total (W)	Carga Instalada (kW)	Factor de Potencia	Corriente (A)	Calibre del Conductor	Longitud	Caída de Tensión (V)	Caída de Tensión (%)
Módulo 1 - Paneles Solares	637	2	1220	1.220	0.92	24.90	8 superflex	24	2.208	0.347%
Módulo 2 - Paneles Solares	637	2	1220	1.220	0.92	24.90	8 superflex	30	2.760	0.433%
Módulo 3 - Paneles Solares	637	2	1220	1.220	0.92	24.90	8 superflex	26	2.392	0.376%
Racar Plaza										
Descripción	Tensión (V)	Cantidad de Elementos	Potencia Total (W)	Carga Instalada (kW)	Factor de Potencia	Corriente (A)	Calibre del Conductor	Longitud	Caída de Tensión (V)	Caída de Tensión (%)
Módulo 1 - Paneles Solares	637	2	1220	1.220	0.92	24.90	8 superflex	30	2.760	0.433%
Módulo 2 - Paneles Solares	637	2	1220	1.220	0.92	24.90	8 superflex	34	3.128	0.491%
Módulo 3 - Paneles Solares	637	2	1220	1.220	0.92	24.90	8 superflex	37	3.404	0.534%

Fuente: Autores

Los resultados evidencian una excelente estabilidad en los niveles de tensión, con variaciones mínimas que no representan una caída significativa. En todos los casos, la diferencia de tensión registrada se mantiene por debajo del 0.5% del valor nominal de 3%, lo cual demuestra un correcto diseño y dimensionamiento del sistema eléctrico. Esto confirma que no se presentan pérdidas relevantes que puedan afectar la eficiencia energética ni el adecuado funcionamiento de los puntos de carga.

4.4 Evaluación Técnica de la Infraestructura de Carga

En la Tabla 11, se detallan las especificaciones del sistema fotovoltaico instalado en cada centro comercial, incluyendo la potencia de los paneles solares (610 W cada uno), la cantidad instalada, la capacidad de los inversores, la potencia total del sistema, el número de puntos de carga y la energía generada anualmente.

Mall del Río cuenta con la mayor capacidad instalada, con un total de 117 paneles organizados en 9 módulos de 13 paneles en serie. La configuración eléctrica incluye la conexión en paralelo de dos módulos, mientras que un módulo adicional se mantiene independiente, resultando en un total de 5 salidas hacia el MPPT del inversor. Este arreglo proporciona una entrada de voltaje de 637 V y una corriente de 24.9 A en los módulos conectados en paralelo, mientras que el módulo restante opera con un voltaje de entrada de 637 V y una corriente de 12.45 A. El sistema está acoplado a un inversor de 70 kW,

permitiendo una generación anual de 98.969 MWh y alimentando un total de 10 puntos de carga.

En comparación, los centros comerciales Batán Shopping, Monay Shopping y Racar Plaza presentan configuraciones similares. Cada uno cuenta con un total de 79 paneles, distribuidos en 12 módulos de 13 paneles en serie, más un módulo adicional con 14 paneles en serie. En cuanto a la conexión de los módulos, tres de los módulos de 13 paneles se conectan en paralelo, entregando al inversor una entrada de 637 V y 13.35 A, mientras que otros dos módulos en paralelo entregan 637 V y 24.9 A. El módulo adicional de 14 paneles tiene una entrada de 686 V y 12.45 A. Cada centro comercial está equipado con un inversor de 50 kW, lo que permite una producción aproximada de 61 MWh al año, suficiente para abastecer 6 puntos de carga.

Tabla 11. Dimensionamiento y Generación de Energía en Electrolineras con Sistemas Fotovoltaicos

UBICACIÓN GEOGRÁFICA	PANEL SOLAR (W)	NÚMERO DE PANLES	INVERSOR (kW)	POTENCIA TOTAL DEL SISTEMA kW	NUMERO DE PUNTOS DE CARGA	ENERGIA GENERADA MWh/año
MALL DEL RIO	610	117	70	71.37	10	98.969
BATÁN SHOPPING	610	79	50	47.58	6	60.822
MONAY SHOPPING	610	79	50	47.58	6	61.111
RACAR PLAZA	610	79	50	47.58	6	60.799

Fuente: Autores

4.4.1 Evaluación de la disponibilidad de espacios en los Centros comerciales de

Cuenca

La Tabla 12 muestra un estudio sobre la capacidad de instalación fotovoltaica en cuatro centros comerciales, teniendo en cuenta el área total disponible, la cantidad de paneles solares planificada en cada ubicación, la superficie ocupada por los módulos en su configuración serie-paralelo. Para este cálculo, se ha tomado en cuenta un espacio de 35 m² entre los paneles para facilitar su limpieza y mantenimiento. Además, se analiza el área restante, que podría destinarse a futuras expansiones. Esta información resulta fundamental para diseñar de manera óptima la infraestructura de generación de energía renovable y asegurar una conexión eficiente con la red eléctrica actual.

Tabla 12. Análisis de la Distribución y Disponibilidad de Espacios para la Instalación de Paneles Solares en Centros Comerciales de Cuenca

Ubicación Geográfica	Área Disponible (m2)	Número de Paneles	Superficie de cada Paneles Solares (m2)	Área Utilizada por los Paneles Solares (m2)	Área Restante para Futuras Instalaciones (m2)
Mall del Río	26684.25	117.00	2.69	349.46	26334.79
Batán Shopping	4536.39	79.00	2.69	235.86	4300.53

Monay Shopping	4540.23	79.00	2.69	235.86	4304.37
Racar Plaza	6121.17	79.00	2.69	235.86	5885.31

Fuente: Autores

4.4.2 *Análisis de compatibilidad de Inversores con Grupo de Paneles Solares en Centros Comerciales de Cuenca*

Para asegurar el correcto funcionamiento del sistema fotovoltaico en el Mall del Río, es esencial comprobar la compatibilidad entre los paneles solares y el inversor de red utilizado. La Tabla 13 presenta una comparación de los parámetros eléctricos de salida de los paneles con las características de entrada del inversor GROWATT MAX 75KTL3-XL2, verificando el cumplimiento de los valores de voltaje, corriente y número de MPPT.

Tabla 13. Análisis de Compatibilidad entre Paneles Solares e Inversor GROWATT MAX 75KTL3-XL2

INVERSOR DE RED GROWATT MAX 75KTL3- XL2			
Descripción	Salida Paneles	Ingreso en Inversor	Estado
Voltaje mínimo de MPPT de entrada inversor y salida de paneles	530.40	180.00	Cumple
Voltaje máximo de MPPT de entrada inversor y salida de paneles	637.00	850.00	Cumple
Corriente máxima de MPPT de entrada de inversor y salida de paneles	32.72	40.00	Cumple
Numero de MPPT de inversor y salida de paneles	5.00	8.00	Cumple

Fuente: Autores

En la Tabla 14 se analizan los parámetros eléctricos de salida de los paneles y las especificaciones de entrada del inversor FRONIUS TAURO 50KW. Se evalúan aspectos como los valores de voltaje mínimo y máximo en el seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT), la corriente de entrada y la cantidad de MPPT disponibles. Esta revisión permite confirmar que el sistema operará dentro de los rangos óptimos, asegurando una conversión eficiente de energía, estabilidad en la red y un rendimiento confiable a largo plazo.

Tabla 14. Evaluación de Parámetros Eléctricos para la Integración de Paneles Solares con el Inversor FRONIUS TAURO 50KW

INVERSOR FRONIUS TAURO 50KW			
Descripción	Salida Paneles	Ingreso en Inversor	Estado
Voltaje mínimo de MPPT de entrada inversor y salida de paneles	530.40	400.00	Cumple
Voltaje máximo de MPPT de entrada inversor y salida de paneles	637.00	930.00	Cumple

Corriente máxima de MPPT de entrada de inversor y salida de paneles	32.72	36.00	Cumple
Numero de MPPT de inversor y salida de paneles	3.00	3.00	Cumple

Fuente: Autores

4.5 Diagrama unifilar

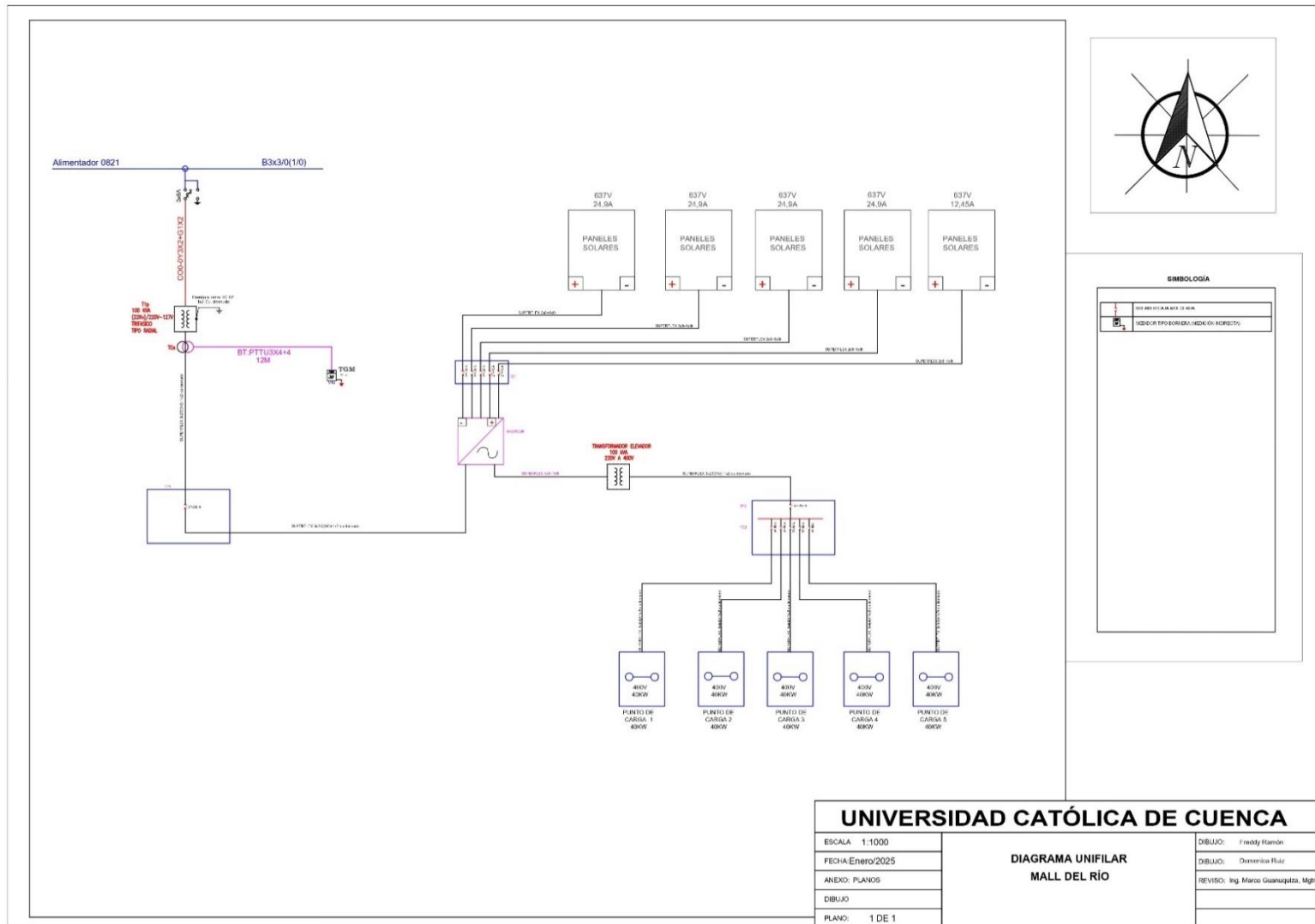


Figura 30. Diagrama Unifilar Mall del Río
Fuente: Autores

En la Figura 30 se presenta el diagrama unifilar que muestra la configuración eléctrica de una electrolinera con integración de un sistema fotovoltaico conectado a la red. La infraestructura incluye un sistema de generación solar dimensionado para cada centro comercial mediante la herramienta HOMER, junto con un inversor, un transformador elevador, un tablero de distribución principal y puntos de carga para vehículos eléctricos. En el Mall del Río se han previsto cinco puntos de carga, mientras que, en Batán Shopping, Monay Shopping y Racar Plaza se han planificado tres puntos de carga en cada uno.

En el caso específico del Mall del Río, el alimentador identificado como 0821 se conecta a un transformador principal de 100 kVA (22 kV/220V-127V) mediante un conductor “CO0-0Y3x2+G1X2”. Posteriormente, la energía pasa a través de un medidor bidireccional hasta llegar al tablero de distribución principal, utilizando un conductor “SUPERFLEX 3x2/0(1/0) + 1x2t cu desnudo”. En este punto, se dispone de una caja de distribución que incorpora un breaker de tipo caja moldeada 3P - 300 A, garantizando la adecuada protección del sistema.

El sistema fotovoltaico está compuesto por 117 paneles solares de 610 W, organizados en una configuración serie-paralelo que permite alcanzar un voltaje de 637 V y una corriente de 24.9 A por cada cadena de módulos, considerando que se consta de cinco módulos. La energía generada en corriente continua se transporta hacia el tablero de distribución C.C., el cual cuenta con una caja de distribución de 2 polos y 12 espacios, equipada con cinco breakers de 40 A. La conexión entre estos componentes se realiza mediante conductores “SUPERFLEX 2x8+1x8t”.

El inversor transforma la corriente continua en corriente alterna, la cual es transportada hasta un transformador de 100 kVA elevador que ajusta el voltaje de 220V a 400V para el óptimo funcionamiento de las electrolineras mediante conductores “SUPERFLEX 3x8+ 1x8t”. A partir de este punto, la energía es distribuida al tablero principal de las electrolineras, que cuenta con una caja de distribución con un breaker tipo caja moldeada de 3P - 250 A. Desde allí, la energía es enviada a los cinco puntos de carga de 40 kW cada uno, utilizando conductores “SUPERFLEX 3x4(4) + 1x2t cu desnudo”.

El análisis para los demás centros comerciales sigue una estructura similar, con la diferencia de que cuentan con un transformador principal de 75 kVA y un transformador elevador de 75 kVA, adaptando el voltaje de 220V a 400V para garantizar el funcionamiento adecuado de las electrolineras.

CAPITULO V

5. ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis económico en proyectos de integración fotovoltaica es crucial para determinar la viabilidad financiera y el impacto a largo plazo de estas inversiones. La implementación de sistemas fotovoltaicos y estaciones de carga eléctrica (electrolineras) requiere un desembolso inicial para la adquisición e instalación de equipos como paneles solares, inversores y puntos de carga. Por ello, es indispensable evaluar si los beneficios económicos futuros, como el ahorro energético que justifica los costos iniciales. Este análisis no solo guía a la toma de decisiones, sino que también ofrece a los inversores una perspectiva clara sobre los riesgos y oportunidades asociados, favoreciendo una planificación más estratégica.

En el caso de las electrolineras, el análisis económico es aún más relevante debido a su función: suministrar energía sostenible a los vehículos eléctricos con ayuda de la red. Una evaluación adecuada debe considerar factores como la demanda proyectada de carga, los costos operativos, y los incentivos fiscales disponibles. La sostenibilidad económica es esencial para garantizar que estos proyectos no solo sean rentables, sino también capaces de mantenerse operativos en el tiempo. Las electrolineras con sistemas fotovoltaicos integrados representan un avance significativo hacia la sostenibilidad, reduciendo la dependencia de la red eléctrica convencional y contribuyendo a la transición hacia un modelo energético más limpio y eficiente.

El Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) son dos de los principales indicadores financieros utilizados para evaluar la viabilidad de proyectos de inversión. El VAN permite determinar si un proyecto generará valor al comparar los flujos de caja futuros descontados con la inversión inicial; un VAN positivo indica que el proyecto es rentable. Por otro lado, la TIR es la tasa de descuento que iguala el VAN a cero y representa la rentabilidad esperada del proyecto. Si la TIR es mayor que la tasa de descuento o costo de capital, el proyecto es financieramente atractivo. Ambos indicadores son esenciales para la toma de decisiones en inversiones energéticas, como la integración de sistemas fotovoltaicos en electrolineras.

5.1 Costo de Inversión Inicial

Para cada centro comercial se consideran equipos como paneles solares, inversores, transformadores, cajas de distribución, conductores eléctricos y breakers, así como infraestructura especializada para la carga de vehículos eléctricos. Cada uno de estos elementos varía según sus características técnicas y capacidades. En el Anexo 1, se detalla la lista de materiales, equipos y servicios necesarios, junto con sus cantidades y costos unitarios, proporcionando un desglose preciso que facilita el análisis económico de cada uno de los proyectos.

Este análisis detallado permite identificar los factores clave que impactan directamente en la inversión inicial, proporcionando una base sólida para evaluar tanto la viabilidad financiera como el rendimiento económico del sistema a largo plazo.

En la Tabla 15 se presenta la inversión inicial para la implementación de sistemas fotovoltaicos conectados a la red en cuatro centros comerciales de Cuenca. Los valores incluyen los costos asociados tanto a la instalación de los sistemas fotovoltaicos como a la obra civil necesaria para su integración en la infraestructura existente. La inversión de cada centro comercial varía en función de la capacidad de generación requerida.

Tabla 15. Costo de Inversión Total de Sistema Fotovoltaico con Electrolíneas

Item	Descripción	Precio Total USD
1	Mall del Río	130,715.90
2	Batán Shopping	76,893.21
3	Monay Shoppig	78,192.26
4	Racar Plaza	87,513.31

Fuente: Autores

5.2 Proyección de Ingresos por Generación Fotovoltaica en un periodo de 20 años

El análisis económico del proyecto considera dos escenarios para el precio del kilovatio-hora (kWh): 0.08 USD valor establecido por el Marco Normativo para la Participación en Generación Distribuida de Empresas Interesadas en Realizar la Actividad de Generación y 0.19 USD el cual se obtuvo por un análisis de prueba error en Excel. En este contexto, se detalla la producción anual de energía del sistema fotovoltaico en kilovatios-hora (kWh) y los ingresos generados cada año. Los resultados muestran que, con un precio de 0.08 USD/kWh, los ingresos anuales no son suficientes para cubrir los costos iniciales ni operativos del sistema, lo que hace que el proyecto no sea económicamente viable. En cambio, con un precio de 0.19 USD/kWh, los ingresos generados superan los costos, garantizando la rentabilidad del proyecto. Este análisis destaca la importancia de evaluar diferentes escenarios de precios del kWh para determinar la viabilidad económica del sistema fotovoltaico.

La producción energética anual del sistema fotovoltaico a partir del segundo año, aplica una tasa de degradación anual total. Los valores más utilizados en el software SAM es 0.5%

Una tasa de degradación del 0% indica que la producción anual del sistema se mantiene constante durante toda la vida útil del proyecto. Si la tasa es del 0.5%, la producción disminuirá en un 0.5% cada año con respecto al año anterior. En cambio, una tasa de -0.5% significa que la producción anual del sistema aumentará en un 0.5% cada año. (Ríos Ledesma & Bravo Muñoz, 2020).

En las siguientes tablas presentan el análisis de los ingresos anuales generados por el sistema fotovoltaico, considerando un precio de 0.08 USD/kWh para la energía producida. Adicionalmente, se incluye el ingreso asociado a la demanda contratada, cuyo costo es de 4.79 USD/kW-mes. Dado que el estudio se realiza con una proyección anual, el cálculo de la

demanda contratada se multiplica por 12 meses, reflejando así el impacto total de este componente en los ingresos anuales del sistema.

Tabla 16. Estimación Anual de ingresos del Sistema Fotovoltaico (0.08 USD/kWh) en Mall del Río

AÑO	ENERGIA MWh/año	ENERGIA kWh/año	PRECIO USD/kWh FOTOVOLTAICO	PRECIO POR DEMANDA CONTRATADA	INGRESOS
1	98.969	98969.000	0.08	\$1,654.27	\$9,571.794
2	98.474	98474.155	0.08	\$1,654.27	\$9,532.207
3	97.982	97981.784	0.08	\$1,654.27	\$9,492.817
4	97.492	97491.875	0.08	\$1,654.27	\$9,453.624
5	97.004	97004.416	0.08	\$1,654.27	\$9,414.628
6	96.519	96519.394	0.08	\$1,654.27	\$9,375.826
7	96.037	96036.797	0.08	\$1,654.27	\$9,337.218
8	95.557	95556.613	0.08	\$1,654.27	\$9,298.803
9	95.079	95078.830	0.08	\$1,654.27	\$9,260.581
10	94.603	94603.436	0.08	\$1,654.27	\$9,222.549
11	94.130	94130.419	0.08	\$1,654.27	\$9,184.708
12	93.660	93659.766	0.08	\$1,654.27	\$9,147.056
13	93.191	93191.468	0.08	\$1,654.27	\$9,109.592
14	92.726	92725.510	0.08	\$1,654.27	\$9,072.315
15	92.262	92261.883	0.08	\$1,654.27	\$9,035.225
16	91.801	91800.573	0.08	\$1,654.27	\$8,998.320
17	91.342	91341.570	0.08	\$1,654.27	\$8,961.600
18	90.885	90884.863	0.08	\$1,654.27	\$8,925.063
19	90.430	90430.438	0.08	\$1,654.27	\$8,888.709
20	89.978	89978.286	0.08	\$1,654.27	\$8,852.537

Fuente: Autores

Tabla 17. Estimación Anual de ingresos del Sistema Fotovoltaico (0.08 USD/kWh) en Batán Shopping

AÑO	ENERGIA MWh/año	ENERGIA kWh/año	PRECIO USD/kWh FOTOVOLTAICO	PRECIO POR DEMANDA CONTRATADA	INGRESOS
1	60.822	60822.000	0.08	\$1,224.90	\$6,090.659
2	60.518	60517.890	0.08	\$1,224.90	\$6,066.330
3	60.215	60215.301	0.08	\$1,224.90	\$6,042.123
4	59.914	59914.224	0.08	\$1,224.90	\$6,018.037
5	59.615	59614.653	0.08	\$1,224.90	\$5,994.071
6	59.317	59316.580	0.08	\$1,224.90	\$5,970.225
7	59.020	59019.997	0.08	\$1,224.90	\$5,946.499
8	58.725	58724.897	0.08	\$1,224.90	\$5,922.891
9	58.431	58431.272	0.08	\$1,224.90	\$5,899.401
10	58.139	58139.116	0.08	\$1,224.90	\$5,876.028
11	57.848	57848.420	0.08	\$1,224.90	\$5,852.772

12	57.559	57559.178	0.08	\$1,224.90	\$5,829.633
13	57.271	57271.382	0.08	\$1,224.90	\$5,806.609
14	56.985	56985.025	0.08	\$1,224.90	\$5,783.701
15	56.700	56700.100	0.08	\$1,224.90	\$5,760.907
16	56.417	56416.600	0.08	\$1,224.90	\$5,738.227
17	56.135	56134.517	0.08	\$1,224.90	\$5,715.660
18	55.854	55853.844	0.08	\$1,224.90	\$5,693.206
19	55.575	55574.575	0.08	\$1,224.90	\$5,670.865
20	55.297	55296.702	0.08	\$1,224.90	\$5,648.635

Fuente: Autores

Tabla 18. Estimación Anual de ingresos del Sistema Fotovoltaico (0.08 USD/kWh) en Monay Shopping

AÑO	ENERGIA MWh/año	ENERGIA kWh/año	PRECIO USD/kWh FOTOVOLTAICO	PRECIO POR DEMANDA CONTRATADA	INGRESOS
1	61.111	61111.000	0.08	\$1,224.90	\$6,113.779
2	60.805	60805.445	0.08	\$1,224.90	\$6,089.334
3	60.501	60501.418	0.08	\$1,224.90	\$6,065.012
4	60.199	60198.911	0.08	\$1,224.90	\$6,040.812
5	59.898	59897.916	0.08	\$1,224.90	\$6,016.732
6	59.598	59598.427	0.08	\$1,224.90	\$5,992.773
7	59.300	59300.434	0.08	\$1,224.90	\$5,968.934
8	59.004	59003.932	0.08	\$1,224.90	\$5,945.213
9	58.709	58708.913	0.08	\$1,224.90	\$5,921.612
10	58.415	58415.368	0.08	\$1,224.90	\$5,898.128
11	58.123	58123.291	0.08	\$1,224.90	\$5,874.762
12	57.833	57832.675	0.08	\$1,224.90	\$5,851.513
13	57.544	57543.511	0.08	\$1,224.90	\$5,828.380
14	57.256	57255.794	0.08	\$1,224.90	\$5,805.362
15	56.970	56969.515	0.08	\$1,224.90	\$5,782.460
16	56.685	56684.667	0.08	\$1,224.90	\$5,759.672
17	56.401	56401.244	0.08	\$1,224.90	\$5,736.998
18	56.119	56119.238	0.08	\$1,224.90	\$5,714.438
19	55.839	55838.642	0.08	\$1,224.90	\$5,691.990
20	55.559	55559.448	0.08	\$1,224.90	\$5,669.655

Fuente: Autores

Tabla 19. Estimación Anual de ingresos del Sistema Fotovoltaico (0.08 USD/kWh) en Racar Plaza

AÑO	ENERGIA MWh/año	ENERGIA kWh/año	PRECIO USD/kWh FOTOVOLTAICO	PRECIO POR DEMANDA CONTRATADA	INGRESOS
1	60.799	60799.000	0.08	\$1,224.90	\$6,088.819
2	60.495	60495.005	0.08	\$1,224.90	\$6,064.499

3	60.193	60192.530	0.08	\$1,224.90	\$6,040.301
4	59.892	59891.567	0.08	\$1,224.90	\$6,016.224
5	59.592	59592.109	0.08	\$1,224.90	\$5,992.268
6	59.294	59294.149	0.08	\$1,224.90	\$5,968.431
7	58.998	58997.678	0.08	\$1,224.90	\$5,944.713
8	58.703	58702.690	0.08	\$1,224.90	\$5,921.114
9	58.409	58409.176	0.08	\$1,224.90	\$5,897.633
10	58.117	58117.130	0.08	\$1,224.90	\$5,874.269
11	57.827	57826.545	0.08	\$1,224.90	\$5,851.022
12	57.537	57537.412	0.08	\$1,224.90	\$5,827.892
13	57.250	57249.725	0.08	\$1,224.90	\$5,804.877
14	56.963	56963.476	0.08	\$1,224.90	\$5,781.977
15	56.679	56678.659	0.08	\$1,224.90	\$5,759.192
16	56.395	56395.266	0.08	\$1,224.90	\$5,736.520
17	56.113	56113.289	0.08	\$1,224.90	\$5,713.962
18	55.833	55832.723	0.08	\$1,224.90	\$5,691.517
19	55.554	55553.559	0.08	\$1,224.90	\$5,669.184
20	55.276	55275.792	0.08	\$1,224.90	\$5,646.962

Fuente: Autores

En las tablas a continuación, se presentan los ingresos anuales estimados del sistema fotovoltaico, considerando un precio de 0.19 USD/kWh para la energía generada. Además, se incluye el ingreso por demanda contratada, con un costo de 4.79 USD/kW-mes, el cual se multiplica por 12 meses debido a la proyección anual del estudio. Esto permite evaluar de manera integral el impacto económico de ambos factores en el sistema.

Tabla 20. Estimación Anual de ingresos del Sistema Fotovoltáico (0.19 USD/kWh) en Mall del Río

AÑO	ENERGIA MWh/año	ENERGIA kWh/año	PRECIO USD/kWh FOTOVOLTAICO	PRECIO POR DEMANDA CONTRATADA	INGRESOS
1	98.969	98969.000	0.19	\$1,654.27	\$20,458.384
2	98.474	98474.155	0.19	\$1,654.27	\$20,364.364
3	97.982	97981.784	0.19	\$1,654.27	\$20,270.813
4	97.492	97491.875	0.19	\$1,654.27	\$20,177.731
5	97.004	97004.416	0.19	\$1,654.27	\$20,085.113
6	96.519	96519.394	0.19	\$1,654.27	\$19,992.959
7	96.037	96036.797	0.19	\$1,654.27	\$19,901.266
8	95.557	95556.613	0.19	\$1,654.27	\$19,810.031
9	95.079	95078.830	0.19	\$1,654.27	\$19,719.252
10	94.603	94603.436	0.19	\$1,654.27	\$19,628.927
11	94.130	94130.419	0.19	\$1,654.27	\$19,539.054
12	93.660	93659.766	0.19	\$1,654.27	\$19,449.630
13	93.191	93191.468	0.19	\$1,654.27	\$19,360.653
14	92.726	92725.510	0.19	\$1,654.27	\$19,272.121
15	92.262	92261.883	0.19	\$1,654.27	\$19,184.032
16	91.801	91800.573	0.19	\$1,654.27	\$19,096.383

17	91.342	91341.570	0.19	\$1,654.27	\$19,009.173
18	90.885	90884.863	0.19	\$1,654.27	\$18,922.398
19	90.430	90430.438	0.19	\$1,654.27	\$18,836.058
20	89.978	89978.286	0.19	\$1,654.27	\$18,750.149

Fuente: Autores

Tabla 21. Estimación Anual de ingresos del Sistema Fotovoltaico (0.19 USD/kWh) en Batán Shopping

AÑO	ENERGIA MWh/año	ENERGIA kWh/año	PRECIO USD/kWh FOTOVOLTAICO	PRECIO POR DEMANDA CONTRATADA	INGRESOS
1	60.822	60822.000	0.19	\$1,224.90	\$12,781.079
2	60.518	60517.890	0.19	\$1,224.90	\$12,723.298
3	60.215	60215.301	0.19	\$1,224.90	\$12,665.806
4	59.914	59914.224	0.19	\$1,224.90	\$12,608.601
5	59.615	59614.653	0.19	\$1,224.90	\$12,551.683
6	59.317	59316.580	0.19	\$1,224.90	\$12,495.049
7	59.020	59019.997	0.19	\$1,224.90	\$12,438.698
8	58.725	58724.897	0.19	\$1,224.90	\$12,382.629
9	58.431	58431.272	0.19	\$1,224.90	\$12,326.841
10	58.139	58139.116	0.19	\$1,224.90	\$12,271.331
11	57.848	57848.420	0.19	\$1,224.90	\$12,216.099
12	57.559	57559.178	0.19	\$1,224.90	\$12,161.143
13	57.271	57271.382	0.19	\$1,224.90	\$12,106.461
14	56.985	56985.025	0.19	\$1,224.90	\$12,052.054
15	56.700	56700.100	0.19	\$1,224.90	\$11,997.918
16	56.417	56416.600	0.19	\$1,224.90	\$11,944.053
17	56.135	56134.517	0.19	\$1,224.90	\$11,890.457
18	55.854	55853.844	0.19	\$1,224.90	\$11,837.129
19	55.575	55574.575	0.19	\$1,224.90	\$11,784.068
20	55.297	55296.702	0.19	\$1,224.90	\$11,731.272

Fuente: Autores

Tabla 22. Estimación Anual de ingresos del Sistema Fotovoltaico (0.19 USD/kWh) en Monay Shopping

AÑO	ENERGIA MWh/año	ENERGIA kWh/año	PRECIO USD/kWh FOTOVOLTAICO	PRECIO POR DEMANDA CONTRATADA	INGRESOS
1	61.111	61111.000	0.19	\$1,224.90	\$12,835.989
2	60.805	60805.445	0.19	\$1,224.90	\$12,777.933
3	60.501	60501.418	0.19	\$1,224.90	\$12,720.168
4	60.199	60198.911	0.19	\$1,224.90	\$12,662.692
5	59.898	59897.916	0.19	\$1,224.90	\$12,605.503
6	59.598	59598.427	0.19	\$1,224.90	\$12,548.600
7	59.300	59300.434	0.19	\$1,224.90	\$12,491.981

8	59.004	59003.932	0.19	\$1,224.90	\$12,435.646
9	58.709	58708.913	0.19	\$1,224.90	\$12,379.592
10	58.415	58415.368	0.19	\$1,224.90	\$12,323.819
11	58.123	58123.291	0.19	\$1,224.90	\$12,268.324
12	57.833	57832.675	0.19	\$1,224.90	\$12,213.107
13	57.544	57543.511	0.19	\$1,224.90	\$12,158.166
14	57.256	57255.794	0.19	\$1,224.90	\$12,103.500
15	56.970	56969.515	0.19	\$1,224.90	\$12,049.107
16	56.685	56684.667	0.19	\$1,224.90	\$11,994.986
17	56.401	56401.244	0.19	\$1,224.90	\$11,941.135
18	56.119	56119.238	0.19	\$1,224.90	\$11,887.554
19	55.839	55838.642	0.19	\$1,224.90	\$11,834.241
20	55.559	55559.448	0.19	\$1,224.90	\$11,781.194

Fuente: Autores

Tabla 23. Estimación Anual de ingresos del Sistema Fotovoltaico (0.19 USD/kWh) en Racar Plaza

AÑO	ENERGIA MWh/año	ENERGIA kWh/año	PRECIO USD/kWh FOTOVOLTAICO	PRECIO POR DEMANDA CONTRATADA	INGRESOS
1	60.799	60799.000	0.19	\$1,224.90	\$12,776.709
2	60.495	60495.005	0.19	\$1,224.90	\$12,718.950
3	60.193	60192.530	0.19	\$1,224.90	\$12,661.479
4	59.892	59891.567	0.19	\$1,224.90	\$12,604.297
5	59.592	59592.109	0.19	\$1,224.90	\$12,547.400
6	59.294	59294.149	0.19	\$1,224.90	\$12,490.787
7	58.998	58997.678	0.19	\$1,224.90	\$12,434.458
8	58.703	58702.690	0.19	\$1,224.90	\$12,378.410
9	58.409	58409.176	0.19	\$1,224.90	\$12,322.642
10	58.117	58117.130	0.19	\$1,224.90	\$12,267.154
11	57.827	57826.545	0.19	\$1,224.90	\$12,211.942
12	57.537	57537.412	0.19	\$1,224.90	\$12,157.007
13	57.250	57249.725	0.19	\$1,224.90	\$12,102.347
14	56.963	56963.476	0.19	\$1,224.90	\$12,047.959
15	56.679	56678.659	0.19	\$1,224.90	\$11,993.844
16	56.395	56395.266	0.19	\$1,224.90	\$11,939.999
17	56.113	56113.289	0.19	\$1,224.90	\$11,886.424
18	55.833	55832.723	0.19	\$1,224.90	\$11,833.116
19	55.554	55553.559	0.19	\$1,224.90	\$11,780.075
20	55.276	55275.792	0.19	\$1,224.90	\$11,727.299

Fuente: Autores

5.3 Cálculo del Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR)

El Valor Actual Neto (VAN) permite evaluar la viabilidad económica de un proyecto considerando la relación entre inversión, costos y beneficios. Si el VAN es menor que cero (VAN<0), el proyecto no es rentable, ya que los costos iniciales y los gastos anuales superan los ingresos generados durante el periodo de análisis. Cuando el VAN es igual a cero (VAN=0), la inversión apenas se recupera sin generar ganancias adicionales, por lo que el proyecto no resulta atractivo desde el punto de vista financiero. En cambio, si el VAN es mayor que cero (VAN>0), los ingresos proyectados superan la inversión y los costos, indicando que el proyecto es económicamente viable y generará beneficios.

Por su parte, la Tasa Interna de Retorno (TIR) mide la rentabilidad de la inversión en relación con una tasa de oportunidad K. Si la TIR es menor que K (TIR<K), el proyecto no es viable, ya que no alcanza la rentabilidad mínima esperada. Si la TIR es igual a K (TIR=K), el rendimiento del proyecto equivale exactamente a los egresos totales, sin generar beneficios adicionales. Finalmente, si la TIR es mayor que K (TIR>K), el proyecto es económicamente viable, pues su rentabilidad supera la tasa de oportunidad establecida. En el caso de sistemas fotovoltaicos, se considera una tasa de interés del 10% para evaluar tanto el VAN como la TIR (López Huayta, 2019).

Además, se toma en cuenta que los costos anuales de operación y mantenimiento OM = 1 % del costo total de la inversión.

En las figuras presentadas a continuación se detallan los resultados que nos proporcionan el comportamiento del VAN, TIR y Valor Neto en relación con la inversión, los costos operativos y los ingresos estimados, con un precio de energía de 0.08 USD/kWh y 0.19 USD/kWh.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+k)^t} - I_0 \quad (5)$$

n = Numero de periodos de evaluación.

I_0 =Inversión inicial

k=Tasa de interés (10% para sistemas fotovoltaicos)

Ft = El flujo neto total en el periodo “t”

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+TIR)^t} - I_0 \quad (6)$$

n = Numero de periodos de evaluación.

I_0 =Inversión inicial

k =Tasa de interés (10% para sistemas fotovoltaicos)

F_t = El flujo neto total en el periodo “ t ” (López Huayta, 2019).

La Gráfica 7 representa la proyección de rentabilidad para la integración de sistemas fotovoltaicos en electrolinerías ubicadas en cuatro centros comerciales de Cuenca a lo largo de 20 años con un valor de 0.08 USD/kWh. En la etapa inicial, se observa una caída pronunciada en la rentabilidad debido a los altos costos de inversión, afectando en mayor medida a Mall del Río. No obstante, con el paso del tiempo, la rentabilidad muestra una recuperación progresiva y constante. Para el año 20, todos los centros comerciales alcanzan valores positivos, lo que indica que el proyecto se vuelve financieramente viable a largo plazo. En particular, Monay Shopping y Batan Shopping presentan una recuperación más estable, mientras que Racar Plaza sigue un comportamiento similar al de Mall del Río.



Gráfica 7. Rentabilidad vs. Tiempo de Recuperación con \$0.08 USD/kWh
Fuente: Autores

La Gráfica 8 muestra cómo evoluciona la rentabilidad de la integración de sistemas fotovoltaicos en electrolinerías dentro de los mismos cuatro centros comerciales a lo largo de 20 años con los 0.19 USD/kWh. Aunque al inicio se observa una disminución en la rentabilidad debido a la inversión requerida, la recuperación ocurre de manera más rápida en comparación con la Gráfica 7. En este caso, el punto de equilibrio se alcanza antes del año 10, lo que indica un retorno más acelerado de la inversión. Mall del Río destaca con la mayor rentabilidad a largo plazo, mientras que Monay Shopping, Batan Shopping y Racar Plaza presentan un crecimiento más uniforme y sostenido.



Gráfica 8. Rentabilidad vs. Tiempo de Recuperación con \$0.19 USD/kWh
Fuente: Autores

5.4 Análisis de TIR y VAN

Análisis de sensibilidad: Se evalúa cómo varían los resultados económicos en función de cambios en costos de inversión, precios de la electricidad.

En la primera evaluación se considera un precio de energía de \$0.08 USD/kWh, los valores de la Tasa Interna de Retorno (TIR) varían del 0% al 2%, mientras que el Valor Actual Neto (VAN) es negativo en todos los casos. Esto nos indica que, bajo esta tarifa, la inversión inicial no se recupera dentro del período de análisis, lo que imposibilita la viabilidad financiera del proyecto. Ver Tabla 24.

Tabla 24. Análisis de inversión y rentabilidad con 0.08ctvs

UBICACIÓN GEOGRAFICA	INVERSION INICIAL	PRECIO kWh FOTOVOLTAICO	TIR	VAN
MALL DEL RIO	\$134,906.040	\$0.08	1%	-69332.051
BATAN SHOPPING	\$80,835.858	\$0.08	2%	-39300.70
MONAY SHOPPING	\$82,188.913	\$0.08	2%	-40578.364
RACAR PLAZA	\$91,485.812	\$0.08	0%	-50872.511

Fuente: Autores

Por otro lado, al incrementar el precio del kWh a \$0.19, se observa un cambio significativo en la rentabilidad. En todos los casos, la TIR se vuelve positiva, variando entre el 11% y el 13%, lo que indica que la inversión generará retornos superiores al costo de capital. Asimismo, el VAN también se vuelve positivo, reflejando beneficios económicos en cada una de las ubicaciones analizadas. En particular, los proyectos en Mall del Río, Batán Shopping y Monay Shopping presentan un mejor desempeño financiero, mientras que en Racar Plaza la rentabilidad es menor pero aún viable. Ver Tabla 25.

Tabla 25. Análisis de inversión y rentabilidad con 0.19ctvs

UBICACIÓN GEOGRAFICA	INVERSION INICIAL	PRECIO kWh FOTOVOLTAICO	TIR	VAN
MALL DEL RIO	\$134,906.040	\$0.19	12%	20408.227
BATAN SHOPPING	\$80,835.858	\$0.19	13%	15849.73
MONAY SHOPPING	\$82,188.913	\$0.19	13%	14834.120
RACAR PLAZA	\$91,485.812	\$0.19	11%	4257.067

Fuente: Autores

Estos resultados evidencian que la viabilidad económica del proyecto depende en gran medida del precio al que se comercializa la energía generada. A un precio de \$0.08 por kWh/año, la inversión no es rentable, mientras que con una tarifa de \$0.19 por kWh/año, el proyecto se vuelve atractivo financieramente, permitiendo recuperar la inversión y generar beneficios económicos.

5.5 Discusión

Esta investigación ha permitido evaluar la viabilidad técnica y económica de la implementación de electrolinerías con sistemas fotovoltaicos conectados a la red en centros comerciales de Cuenca, Ecuador. A través de simulaciones realizadas en el software HOMER y un análisis detallado del recurso solar, los resultados demuestran el potencial de la energía fotovoltaica para complementar la demanda energética de las estaciones de carga.

En relación con el primer objetivo específico, si bien la carga rápida reduce significativamente el tiempo de espera, su uso frecuente acelera la degradación de las baterías. En comparación, la carga semi-rápida ofrece un equilibrio óptimo entre velocidad de carga y preservación de la vida útil de la batería. Su implementación, junto con la integración de energía renovable, no solo optimiza la experiencia de carga, sino que también contribuye a la sostenibilidad y viabilidad del sistema eléctrico y beneficiando al tiempo promedio de estancia de los usuarios

Desde el punto de vista energético, la instalación de estos sistemas debe cumplir con los criterios de capacidad establecidos por la normativa de generación eléctrica. En este sentido, las electrolinerías con integración fotovoltaica y una potencia instalada inferior a 1 MW se clasifican dentro de la categoría A, lo que implica beneficios regulatorios y una simplificación en los procesos de autorización para su implementación. Esto facilita la incorporación de energía renovable en la infraestructura de carga y reduce la dependencia de la red eléctrica convencional, promoviendo un modelo sostenible y eficiente para la movilidad eléctrica en el país.

Respecto al segundo objetivo específico, implementación de electrolinerías con sistemas fotovoltaicos en Cuenca, se seleccionaron cuatro centros comerciales: Mall del Río, Batán Shopping, Monay Shopping y Racar Plaza. La elección de estos espacios se basó en su alta afluencia de visitantes, la disponibilidad de áreas para la instalación y la viabilidad técnica

en términos de captación solar. Estos criterios resultan fundamentales para garantizar la efectividad del proyecto. Investigaciones previas, como la de Garcia Herrera & Minchala Ávila (2023), han demostrado que la evaluación de factores como el flujo vehicular y la accesibilidad contribuye a una selección más eficiente de ubicaciones para electrolinerías, lo que reafirma la necesidad de un análisis integral en este tipo de proyectos.

El tercer objetivo, de los requerimientos técnicos para la implementación de sistemas fotovoltaicos conectados a la red en electrolinerías se abordan a través de un análisis exhaustivo de aspectos clave, como las normativas técnicas, los componentes esenciales de los sistemas fotovoltaicos y la elección adecuada de sistemas On-Grid. Estos sistemas, al permitir la inyección directa de la energía generada en la red eléctrica, eliminan la necesidad de almacenamiento y se presentan como una solución eficiente con menores costos de mantenimiento. La garantía de una instalación eficiente y segura depende de la correcta selección de tecnologías y del cumplimiento de los estándares establecidos, lo cual es esencial para integrar con éxito los sistemas fotovoltaicos en las infraestructuras de carga de vehículos eléctricos en electrolinerías. Además, el cumplimiento de las normativas locales e internacionales, como la IEC 62196 y la IEC 61851, asegura la interoperabilidad y la seguridad operativa de la infraestructura de recarga.

En comparación con la gráfica de demanda presentada por Vargas Fuentes, Sempértegui Tapia, & Orellana Lafuente (2024), la cual se basa en un modelo teórico que simula escenarios con un 25%, 50% y 75% de carga de vehículos eléctricos, con 6 vehículos simultáneos y un cargador de 6 kW, se observan variaciones más abruptas. Por otro lado, nuestras gráficas, generadas mediante Python, muestran datos de 40 simulaciones realizadas en cada estación de los centros comerciales de Cuenca. Estas gráficas reflejan una demanda más alta y estable a lo largo del día, con un flujo constante y aleatorio de vehículos eléctricos de las marcas más comunes en Ecuador, utilizando un cargador de 20 kW. Esto subraya la importancia de considerar datos reales en futuras simulaciones para obtener estimaciones más precisas del comportamiento de la demanda eléctrica en electrolinerías.

Al comparar este enfoque con el proyecto de Melchor Peña (2022), se observa una coincidencia significativa en cuanto a la importancia de seguir las normativas técnicas vigentes y optimizar la instalación conforme a las características locales. En el caso de este proyecto, se considera también la normativa Técnica Complementaria (ITC) BT 52, que regula la infraestructura de recarga para vehículos eléctricos. Este aspecto subraya la necesidad de cumplir con las regulaciones y garantizar tanto la interoperabilidad como la seguridad de las instalaciones. Los objetivos de ambas investigaciones coinciden en la relevancia de asegurar una integración técnica adecuada de los sistemas fotovoltaicos, el cumplimiento de las normativas y la evaluación de la viabilidad económica, lo que refuerza la importancia de un análisis integral y detallado para la implementación exitosa de electrolinerías con sistemas fotovoltaicos conectados a la red.

En cuanto al cuarto objetivo, que consistió en evaluar la viabilidad económica de integrar sistemas fotovoltaicos en electrolinerías dentro de centros comerciales, se realizó un análisis detallado de los costos de inversión, operación y mantenimiento. Los cálculos del Valor

Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) demostraron que, si bien la inversión inicial es considerable, los ahorros generados por la autogeneración de energía y la posibilidad de inyectar excedentes a la red eléctrica contribuyen a la rentabilidad del proyecto en el mediano y largo plazo. Además, en un escenario donde el precio de la electricidad continúe en ascenso, la adopción de energía solar se vuelve aún más competitiva y financieramente atractiva.

La viabilidad económica de estos sistemas depende de diversos factores, entre los que destacan el costo de generación de energía y la TIR alcanzada. En este estudio, se estableció una rentabilidad con un LCOE de \$0.19 kWh/año y una TIR mínima del 11%. Sin embargo, el proyecto no resulta viable si se compara con la tarifa de \$0.08 kWh/año, establecida por el ARCONEL, lo que indica que, sin incentivos gubernamentales o esquemas de precios diferenciados, la competencia con la red eléctrica convencional es un desafío.

Al comparar estos hallazgos con el estudio de Cuenca Alvarado & Pozo Villegas (2016), se identifican tanto similitudes como diferencias. En dicho estudio, el costo nivelado de la energía (LCOE) obtenido fue de \$0.22 kWh/año, lo que llevó a concluir que el proyecto no era rentable dentro del contexto de tarifas eléctricas subsidiadas en Ecuador. En contraste, el presente estudio logró reducir el LCOE a \$0.19 kWh/año, acercándolo a la viabilidad económica.

En el caso de Jaramillo Ortiz (2017), la rentabilidad del proyecto es alcanzada a largo plazo, con una tasa interna de retorno (TIR) del 9% y un valor actual neto (VAN) positivo a los 20 años, lo que sugiere que el proyecto es viable desde una perspectiva financiera. Sin embargo, en nuestra investigación, la rentabilidad exigida para considerar viable la inversión en el sistema fotovoltaico es superior al 10%, lo que implica que el proyecto no resulta económicamente atractivo bajo estas condiciones. Una diferencia clave entre ambos estudios radica en los costos considerados en los análisis económicos. Jaramillo Ortiz (2017) únicamente toma en cuenta los costos asociados al sistema fotovoltaico, sin incluir costos adicionales de obra civil y otras inversiones requeridas como la infraestructura de la electrolinera. Además, los costos de los sistemas fotovoltaicos han variado con el tiempo, aunque el estudio de Jaramillo Ortiz (2017) demuestra que una electrolinera fotovoltaica puede ser rentable a largo plazo bajo ciertas condiciones, la presente investigación sugiere que, al incluir costos adicionales y exigir una rentabilidad superior al 10%, la viabilidad económica del proyecto se ve comprometida. Esto resalta la importancia de considerar todos los factores económicos involucrados en la implementación de sistemas fotovoltaicos para electrolineras a fin de obtener una evaluación más precisa y realista de su rentabilidad.

A pesar de los resultados positivos, también se deben considerar algunos desafíos. La intermitencia en la generación solar, las posibles fluctuaciones en la demanda de carga y las restricciones normativas podrían afectar la implementación de estos sistemas.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, se evaluó la viabilidad económica, revelando que la rentabilidad de las electrolinerías con sistemas fotovoltaicos depende en gran medida del precio de la energía generada. Al precio de \$0.08 USD/kWh establecido por ARCENEL, el proyecto no es viable debido a valores negativos en el Valor Actual Neto (VAN) y bajos índices de Tasa Interna de Retorno (TIR), que varían entre 0% y 2%. Sin embargo, al aumentar la tarifa a \$0.19 USD/kWh, la rentabilidad mejora significativamente, alcanzando TIR positivas entre 11% y 13%, lo que indica que la inversión inicial puede recuperarse y generar beneficios económicos. Adicionalmente, el precio por demanda contratada de \$4.79 USD/kWh representa un ingreso constante para el proyecto, lo que contribuye a mejorar su estabilidad financiera y sostenibilidad a largo plazo. Estos resultados muestran que la implementación de estos sistemas en centros comerciales de Cuenca es viable bajo condiciones adecuadas de precios de electricidad y políticas de incentivos, considerando también que el recurso solar disponible en la región es adecuado para la generación eficiente de energía mediante sistemas fotovoltaicos.

Se fortaleció la base teórica sobre electrolinerías, sistemas fotovoltaicos, estaciones de carga y vehículos eléctricos, mediante la recopilación y análisis de información en bases científicas. Se utilizaron fuentes actualizadas, normativas nacionales e internacionales con una alta confiabilidad, lo que facilitó una comprensión técnica y científica de la integración de sistemas fotovoltaicos en electrolinerías. El análisis realizado permitió comprender los beneficios energéticos y económicos de la implementación de infraestructura de carga sostenible en los centros comerciales, destacando la viabilidad de los cargadores semi-rápidos de corriente continua (CC) con voltajes operativos de 400V, que permiten cargar vehículos en 60 a 120 minutos.

Se determinaron los factores geográficos, demográficos y de representatividad, lo que permitió seleccionar cuatro centros comerciales en Cuenca: Mall del Río, Batán Shopping, Monay Shopping y Racar Plaza. Los factores geográficos incluyeron ubicaciones estratégicas dentro de la ciudad, mientras que los demográficos estuvieron relacionados con la afluencia vehicular en cada uno de los sitios seleccionados. Estos sitios presentan condiciones óptimas para la integración de energía renovable en la infraestructura de carga eléctrica, gracias a su alto flujo vehicular y disponibilidad de espacio para la instalación de sistemas fotovoltaicos. La evaluación indicó que Mall del Río posee la mayor capacidad de generación fotovoltaica, alcanzando 98.969 kWh/año, además de registrar la mayor afluencia vehicular. Este centro comercial genera un excedente de 18.570 kWh/año, el cual es inyectado a la red eléctrica, mientras que Batán Shopping, Monay Shopping y Racar Plaza requieren apoyo de la red con un consumo adicional que varía entre 3.264 kWh/año y 3.576 kWh/año para satisfacer su demanda energética.

Se evaluaron los requerimientos técnicos, confirmando la viabilidad de implementar sistemas fotovoltaicos conectados a la red en las electrolinerías, determinando el uso de paneles solares de 610 W y un medidor bidireccional en todos los centros comerciales. Para el Mall del Río, se seleccionó el inversor GROWATT MAX 75KTL3-XL2, mientras que, para Batán

Shopping, Monay Shopping y Racar Plaza se optó por el inversor FRONIUS TAURO 50KW, asegurando un desempeño eficiente en cada ubicación. La compatibilidad entre los módulos fotovoltaicos y los inversores fue validada, garantizando el cumplimiento de los estándares de seguridad y eficiencia energética. Asimismo, se concluyó que la infraestructura diseñada permite una integración confiable con la red eléctrica y una gestión óptima del suministro energético para cada punto de carga de 40 kW.

RECOMENDACIONES

Actualizar y difundir información técnica sobre electrolineras, sistemas fotovoltaicos y normativas pertinentes es esencial para mantener al sector energético al día. Además, se debe fomentar la capacitación de profesionales en estas áreas para asegurar un crecimiento continuo y una mayor especialización en el sector. Asimismo, es clave impulsar investigaciones adicionales que exploren tecnologías emergentes de almacenamiento de energía y soluciones para la gestión inteligente de la carga. Esto permitiría optimizar la integración de los sistemas fotovoltaicos en las electrolineras y mejorar su rendimiento a largo plazo.

Para potenciar los resultados del proyecto, se recomienda evaluar estrategias como la incorporación de baterías de almacenamiento de energía, la mejora de la orientación y disposición de los paneles solares, o incluso la integración de sistemas híbridos. Estas opciones podrían reducir la dependencia de la red eléctrica y maximizar la eficiencia del sistema en general.

Se debe promover la creación de acuerdos con entidades reguladoras y distribuidoras de energía para conseguir tarifas más competitivas que favorezcan la rentabilidad del proyecto. Además, sería beneficioso explorar incentivos gubernamentales y mecanismos de financiamiento a través de programas destinados a energías renovables, lo que podría reducir los costos iniciales y facilitar una recuperación más rápida de la inversión. Asimismo, se recomienda analizar los beneficios ambientales traducidos en costos, considerando la reducción de emisiones de CO₂ y su impacto en la salud pública, así como los ahorros en subsidios energéticos y otros gastos asociados a fuentes de energía convencionales.

Es importante implementar campañas de sensibilización para informar al público sobre los beneficios de la movilidad eléctrica y el uso de energías renovables. Estas campañas pueden incluir talleres educativos, alianzas con fabricantes de vehículos eléctricos y campañas de marketing digital, con el objetivo de fomentar el uso de las electrolineras y promover hábitos de consumo más sostenibles.

Para futuros estudios, se recomienda realizar una proyección de demanda utilizando datos reales sobre el consumo energético y la afluencia de vehículos eléctricos en los centros comerciales analizados. Esto permitirá estimar con mayor precisión la capacidad requerida del sistema fotovoltaico y la infraestructura de carga. Asimismo, se sugiere una implementación práctica en al menos una de las ubicaciones para evaluar su desempeño en condiciones reales, validando los resultados de la simulación y ajustando el sistema para mejorar su eficiencia e integración con la red eléctrica.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- (IEA), I. E. (2020). *Global EV Outlook 2020*. International Energy Agency.
- (IRENA), A. I. (2020). *Renewable Capacity Statistics 2020*. International Renewable Energy Agency.
- Abella, M. A. (2005). *Sistemas Fotovoltaicos*. CIEMAT.
- Adler, F., Berardi, M., García Pedrosa, M., Monticelli, F., & Morquecho, M. (2013). *Energía solar fotovoltaica*.
- Advanced Fleet Management Consulting. (2019, Marzo 19). *Advanced Fleet Management Consulting*.
<https://advancedfleetmanagementconsulting.com/blog/2019/03/10/conectores-la-recarga-del-vehiculo-electrico/>
- Agencia de Regulación y Control de Electricidad. (2024). *Código de Conexión del Sistema Eléctrico Ecuatoriano*. Quito.
- Agencia de Regulación y Control de Electricidad. (2024). *Código de Conexión del Sistema Eléctrico Ecuatoriano*.
- Agencia de Regulación y Control de Electricidad. (2024). *Marco Normativo de la Generación Distribuida para el Autoabastecimiento de Consumidores Regulados de Energía Eléctrica*.
- Agencia de Regulación y Control de Electricidad. (2024). *Marco Normativo para la Participación en Generación Distribuida de Empresas Interesadas en Realizar la Actividad de Generación*.
- Alonso, J., García, F., & Pardo, S. (2020). Sistemas de gestión energética en electrolinerías: Estrategias de optimización. *Energía y Movilidad*, 45-60.
- ANDEL. (2016). *Informe sobre la infraestructura de carga para vehículos eléctricos*.
- Área Tecnológica. (2012). Inversor Fotovoltaico.
- Arencibia Carballo, G. (2016). La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 17(9), 1-4.
- Arnau López, D. (2023). *Proyecto de una instalación fotovoltaica para autoconsumo conectada a red integrando una electrolínea para una estación servicio que consume anualmente 430 MWh ubicada en Tébar, Cuenca*. Tébar.
- Asociación Española de Normalización y Certificación. (2021). *Sistema Conductivo de Carga para Vehículos Eléctricos*. Madrid.
- Burton, N. (2013). *History of Electric Cars*. The Crowood Press.

- Calle Macancela, P. F., & Sarango Chuquimarca, W. X. (2018). *Análisis de factibilidad para la implementación de fotolineras en la ciudad de Cuenca*. Cuenca.
- Censos, I. N. (2022). *Censo Ecuador*. <https://www.censoecuador.gob.ec/>
- Chevrolet. (2024). *Chevrolet*. <https://www.chevrolet.com.ec/vehiculos-electricos/blazer-ev>
- Cuenca Alvarado, D. G., & Pozo Villegas, J. E. (2016). *Análisis y diseño de una planta fotovoltaica conectada a la red para el abastecimiento de energía a una estación de carga eléctrica (electrolinera), en el área de influencia de Puerto Santa Ana, en la ciudad de Guayaquil*. Guayaquil.
- Delgado Orellana, G. J., & Orellana Samaniego, M. L. (2015). *Estimación de la Radiación Solar Global Diaria en el cantón Cuenca mediante la Aplicación del Modelo Bristow & Campbell*. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca.
- Denton, T. (2020). *Electric and Hybrid Vehicles*. Routledge.
- Díaz, N. C. (2016). Distribuciones de probabilidad. *Sociedad Española de Enfermería Nefrológica (SEDEN)*, 13.
- EcoInventos. (2021). *Sistemas fotovoltaicos aislados: funcionamiento y ventajas*. EcoInventos.
- Ecuador, M. d. (2021). *Informe sobre la radiación solar en Ecuador*. Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables de Ecuador.
- Electricidad, A. d. (2024). *Código de Conexión del Sistema Eléctrico Ecuatoriano*.
- Electromaps. (2023). *ELECTROMAPS*. <https://www.electromaps.com/es/puntos-carga/ecuador>
- Electromovilidad. (2025, Marzo 19). *Electromovilidad, movilidad eléctrica, transporte sostenible*.
- Ellingsen, L., Singh, B., & Stromman, A. (2017). The size and range effect: Lifecycle greenhouse gas emissions of electric vehicles. *Environmental Research Letters*.
- Energía Hoy. (2022). *¿Qué es un regulador de carga y para qué sirve?* Energía Hoy.
- Energía Solar 365. (2024). *Sistemas híbridos: combinación de energía renovable y red eléctrica*. EnergiaSolar365.
- Enerlink. (2019). *Cargador de auto eléctrico: tipos, características y funcionamiento*. <https://blog.enerlink.com/cargador-auto-electrico-tipos-caracteristicas-y-funcionamiento>
- EVMOBE. (2021, diciembre 21). *Instalación De Cargadores En Parkings*. <https://evmobe.com/normativa-instalacion-cargadores-coche-electrico/>

- Flores, J. (2022, Abril 19). *CENTROSUR*. <https://www.centrosur.gob.ec/cuenca-cuenta-con-su-primera-estacion-de-carga-para-vehiculos-electricos/>
- Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE. (2022). *Photovoltaics report*. Fraunhofer ISE.
- García Herrera, E. S., & Minchala Ávila, C. A. (2023). *Análisis técnico, económico y ambiental para definir las condiciones para la implementación de electrolineras, Estudio de caso en la ciudad de Azogues*. Cuenca.
- Gear, T. (2024). *Qué es la curva de carga de un coche eléctrico y por qué la del Audi e-tron Sportback rompe esquemas*. BBC Top Gear: <https://www.topgear.es/patrocinado/coche-electrico/curva-carga-coche-electrico-audi-tron-sportback-rompe-esquemas-752901>
- Gil, P. &. (2020). Infraestructura de carga para vehículos eléctricos: Análisis y perspectivas. *Tecnologías Sostenibles.*, 101-115.
- González, A. (2020). Estrategias de sostenibilidad en centros comerciales. *Revista de Desarrollo Sostenible*, 45-58.
- González, J., & Pérez, R. (2019). La adopción de vehículos eléctricos y la infraestructura de recarga en América Latina. *Revista de Energía Sostenible*, 24(2), 45-67.
- Google Earth. (2025, Enero 9). *Imagen satelital de Cuenca, Ecuador*. Google Earth.
- IEC. (2022). *Norme Internationale*. Francia.
- International Electrotechnical Commission. (2017). *IEC 61851: Electric vehicle conductive charging system*. Suiza: International Electrotechnical Commission.
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2023). *Renewable power generation costs in 2022*.
- Jaramillo Méndez, E. A. (2024). Estaciones de carga para vehículos eléctricos. *Estaciones de carga para vehículos eléctricos*. Loja, Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja.
- Jaramillo Ortiz, J. I. (2017). Estudio de Pre-factibilidad de una Electrolinera Alimentada con Paneles Solares Ubicada en la Región Costera del Ecuador. *Espirales Revista Multidisciplinaria De investigación*, 1(11), 5.
- Leon Duchi, E. F., & Quituisaca Verdugo, D. F. (2019). *Estudio de la ubicación y dimensionamiento de electrolineras en la ciudad de Cuenca*. Cuenca.
- López Huayta, Y. R. (2019). *Implementación de un sistema fotovoltaico aislado para la electrificación de las estaciones base celular de la empresa Viettel Perú S.A.C, en zonas rurales de la provincia de Huancayo*. Huancayo: UNCP.
- Lugenergy. (2019). *Modos de carga de coche eléctrico: 4 tipos*. Modos de carga de coche eléctrico: 4 tipos.: <https://www.lugenergy.com/modos-de-carga-coche-electrico>

- Martínez. (2019). Gestión eficiente de puntos de carga para vehículos eléctricos en espacios comerciales. *Journal of Electric Mobility*, 120-132.
- Melchor Peña, F. (2022). *Diseño eléctrico y proyecto de instalación de una electrolinera alimentada con energía fotovoltaica*. Huesca.
- Moussa, M., Hossain, S., & Rahman, M. (2021). Integration of photovoltaic systems with electric vehicle charging stations: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 110-172.
- NASA POWER. (2025, Noviembre 15). *POWER Data Access Viewer*. <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- Nikhil, N. (2021, Julio). *ResearchGate*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.21575.62882>
- Ormazabal. (2024). *Electrolinera: ¿Cómo funciona la carga rápida para vehículos?* Velatia: <https://www.ormazabal.com/como-funciona-una-electrolinera-de-carga-rapida-para-vehiculos-electricos/>
- Ormazabal. (2024). *Transporte sostenible, ejemplos y principales tendencias de la descarbonización del transporte*. <https://www.ormazabal.com/transporte-sostenible-ejemplos-y-principales-tendencias-de-la-descarbonizacion-del-transporte/>
- Pareja Aprecio, M. (2020). *Radiación solar y su aprovechamiento energético*. Marcombo.
- Pareja, M. (2020). *Radiación solar*. Marcombo.
- Pérez, J., Carrillo, C., & Santos, R. (2021). Energy storage solutions for solar photovoltaic systems: Current trends and future perspectives. *Journal of Energy Storage*, 102-335.
- Plaza, J. (2013, abril 15). *El rincón del eléctrico*.
- Powering Car. (2020, Septiembre 3). *POWERING CAR*.
- Ríos Ledesma, F., & Bravo Muñoz, D. (2020). *EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DE RENDIMIENTO ENTRE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO FIJO INSTALADO EN EL POBLADO DE CAMARONES Y UN SISTEMA FOTOVOLTAICO CON TRACKING SOLAR SIMULADO*. Arica.
- Ripoll, J. (2018). *Conectores para la recarga del vehículo eléctrico*. WordPress.
- Rodríguez, A. (2015). *Estudio sobre la viabilidad de puntos de carga en centros comerciales*.
- Ross, S. A., Westerfield, R. W., & Jaffe, J. (2021). *Corporate Finance*. Nueva York: McGraw-Hill/Irwin.
- Sánchez Isbes, J. S. (2023). Trabajo de titulación previo a la obtención del. *DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA*. Guayaquil, Guayas, Ecuador: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.

- Sanchez Loor, L. I. (2022). *Modelo para la proyeccion de vehiculos electricos particulares en Ecuador y sus requerimientos de demanda, utilizando patrones de crecimiento logistico y simulacion de montecarlo*. Escuela Politecnica Nacional, Quito, Pichincha, Ecuador.
- Schmutzler, J., Andersen, A., & Wietfeld, C. (2013). Evaluation of OCPP and IEC 61850. 3-5.
- Solar Lights Company. (2024). *Las cinco configuraciones de la energía solar*. SUNMASTER.
- Solarpedia. (2023). *Sistemas fotovoltaicos conectados a la red: beneficios y desafíos*. Solarpedia.
- Timmons, J., & Spinelli, S. (2020). *New Venture Creation: Entrepreneurship for the 21st Century*. Nueva York: McGraw-Hill.
- Trashorras Montecelos, J. (2019). *Vehículos eléctricos*. Ediciones Paraninfo, SA.
- Trejos Vanegas, A. S., & Alfonso Bejarano, D. A. (2022). *Diseño de un suministro de energía eléctrica solar fotovoltaica para una línea de electrolíneas que conecte dos regiones del país*. Bogotá.
- Universidad Internacional del Ecuador. (2022). *Diseño de una Electrolinera Móvil para Vehículos Tipo MI*. Universidad Internacional del Ecuador, universidad Arizona , Facultad de ingeniería Automatríz, Guayaquil.
- Vargas Fuentes, M. Á., Sempértegui Tapia, D. F., & Orellana Lafuente, R. (2024). ESTACIÓN DE CARGA HÍBRIDA (SOLAR - RED) PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS DE TRANSPORTE PERIURBANO. *INVESTIGACIÓN & DESARROLLO*, 24(1), 57-68.
- Wang, T., Li, X., Zhang, Y., & Zhou, X. (2020). Optimal placement of electric vehicle charging stations integrated with solar photovoltaic. *Energy*.
- Wright, J. (2008). *Cálculo y mapeo de la radiación solar directa y difusa en Costa Rica*. Universidad Nacional (Costa Rica).

ANEXOS

Anexo A. Datos de las primeras 20 simulaciones de las curvas de demanda generadas por Python, Mall del Río

Hora	Simulación 1	Simulación 2	Simulación 3	Simulación 4	Simulación 5	Simulación 6	Simulación 7	Simulación 8	Simulación 9	Simulación 10	Simulación 11	Simulación 12	Simulación 13	Simulación 14	Simulación 15	Simulación 16	Simulación 17	Simulación 18	Simulación 19	Simulación 20	Simulación 21
10:00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10:15	0.00	16.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10:30	0.00	11.00	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10:45	0.00	26.00	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	20.00	0.00	0.00	20.00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11:00	0.00	17.10	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	20.00	0.00	0.00	20.00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11:15	0.00	11.10	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	20.00	17.90	20.00	0.00	0.00	17.60	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11:30	0.00	6.10	0.00	0.00	20.00	20.00	0.00	0.00	0.00	20.00	12.90	20.00	17.70	0.00	12.60	0.00	19.50	0.00	0.00	0.00	0.00
11:45	0.00	1.10	0.00	0.00	20.00	20.00	0.00	0.00	0.00	20.00	7.90	39.00	12.70	0.00	7.60	0.00	14.50	0.00	0.00	0.00	20.00
12:00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	20.00	0.00	20.00	20.00	20.00	22.90	34.00	7.70	0.00	2.60	20.00	9.50	0.00	0.00	0.00	40.00
12:15	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	20.00	0.00	20.00	19.70	20.00	20.00	49.00	2.70	0.00	20.00	40.00	4.50	0.00	0.00	0.00	39.80
12:30	0.00	0.00	0.00	0.00	40.00	18.30	20.00	15.40	34.70	38.00	17.20	44.00	0.00	20.00	38.80	39.10	0.00	0.00	16.80	20.00	34.80
12:45	0.00	0.00	17.60	19.10	40.00	13.30	15.90	10.40	26.90	31.20	12.20	56.80	0.00	20.00	33.80	34.10	13.60	0.00	11.80	20.00	29.80
13:00	14.50	0.00	36.20	14.10	40.00	8.30	50.90	25.40	16.90	21.20	7.20	46.80	0.00	20.00	28.80	25.60	8.60	0.00	6.80	20.00	24.80
13:15	9.50	0.00	27.20	9.10	35.70	3.30	45.90	20.40	7.20	31.20	2.20	36.80	20.00	17.10	23.80	15.60	3.60	20.00	1.80	20.00	20.00
13:30	4.50	0.00	17.20	4.10	50.70	0.00	40.90	20.00	16.90	23.20	20.00	26.80	20.00	12.10	15.20	26.50	0.00	20.00	20.00	20.00	20.00
13:45	20.00	0.00	29.60	0.00	45.70	0.00	35.90	40.00	9.70	20.00	20.00	40.00	20.00	7.10	10.20	21.50	20.00	40.00	20.00	40.00	40.00
14:00	20.00	0.00	24.60	20.00	60.70	0.00	30.90	40.00	4.70	20.00	20.00	40.00	17.40	2.10	5.20	18.00	20.00	58.70	20.00	37.80	40.00
14:15	19.60	0.00	20.00	20.00	58.50	20.00	45.10	40.00	0.00	40.00	19.80	40.00	12.40	0.00	0.20	13.00	20.00	53.00	20.00	32.80	40.00
14:30	14.60	0.00	40.00	20.00	49.40	20.00	36.10	40.00	0.00	40.00	14.80	40.00	7.40	0.00	20.00	8.00	20.00	43.00	16.50	27.80	33.80
14:45	9.60	0.00	40.00	20.00	54.40	20.00	28.90	37.90	0.00	57.20	9.80	40.00	2.40	0.00	40.00	3.00	20.00	33.00	11.50	22.80	23.80
15:00	4.60	0.00	39.00	20.00	39.40	20.00	18.90	32.90	0.00	48.60	4.80	38.80	0.00	0.00	38.10	0.00	20.00	24.30	6.50	40.00	13.80
15:15	0.00	0.00	34.00	20.00	26.90	20.00	9.60	27.90	0.00	57.30	0.00	51.80	0.00	0.00	33.10	0.00	15.90	20.00	1.50	39.60	3.80
15:30	20.00	0.00	29.00	20.00	20.00	20.00	4.60	22.90	0.00	42.30	0.00	41.80	0.00	0.00	28.10	10.60	10.90	20.00	0.00	34.60	0.00
15:45	20.00	0.00	24.00	36.20	20.00	20.00	0.00	17.20	0.00	30.00	0.00	30.20	0.00	0.00	20.50	5.60	5.90	19.80	0.00	45.40	0.00

16:00	20.00	0.00	20.00	31.20	20.00	20.00	0.00	32.20	0.00	23.70	0.00	16.50	20.00	20.00	12.40	0.60	0.90	14.80	0.00	30.90	0.00
16:15	19.00	0.00	40.00	22.80	20.00	40.00	0.00	47.20	0.00	40.00	0.00	28.50	20.00	20.00	7.40	0.00	0.00	98.00	0.00	16.40	20.00
16:30	14.00	0.00	40.00	12.80	20.00	40.00	0.00	42.20	0.00	38.20	0.00	23.50	20.00	20.00	2.40	0.00	0.00	4.80	0.00	6.40	20.00
16:45	29.00	0.00	40.00	6.50	20.00	40.00	20.00	40.00	0.00	33.20	0.00	20.00	40.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	0.60	20.00
17:00	24.00	0.00	35.80	1.50	20.00	40.00	20.00	40.00	0.00	28.20	0.00	40.00	39.60	20.00	0.00	20.00	0.00	0.00	34.90	0.00	15.00
17:15	20.00	18.00	30.80	0.00	20.00	36.20	20.00	60.00	20.00	20.70	20.00	40.00	34.60	17.20	20.00	20.00	0.00	0.00	45.90	0.00	10.00
17:30	15.80	13.00	25.80	0.00	20.00	31.20	20.00	60.00	20.00	12.50	16.70	40.00	29.60	32.20	20.00	20.00	0.00	0.00	35.90	0.00	20.60
17:45	10.80	8.00	20.80	40.00	56.20	26.20	20.00	60.00	20.00	7.50	51.70	40.00	43.50	23.10	20.00	20.00	0.00	0.00	26.00	20.00	10.60
18:00	5.80	3.00	15.60	60.00	51.20	21.20	20.00	56.90	20.00	2.50	46.70	39.70	33.90	13.10	20.00	36.80	0.00	0.00	21.00	60.00	5.60
18:15	20.80	0.00	10.60	60.00	46.20	40.00	20.00	48.10	25.60	0.00	41.70	34.70	48.90	5.80	20.00	31.80	0.00	40.00	15.20	60.00	0.60
18:30	20.00	0.00	25.60	60.00	41.20	35.00	20.00	38.10	55.60	0.00	36.40	29.70	41.10	20.80	20.00	26.80	0.00	39.00	10.20	48.90	20.00
18:45	40.00	0.00	40.60	58.70	31.70	25.00	19.50	25.20	45.60	0.00	26.70	24.70	27.20	36.50	20.00	17.60	0.00	51.00	5.20	33.90	20.00
19:00	40.00	20.00	40.00	53.70	41.70	16.00	26.00	33.20	40.00	0.00	16.70	17.60	17.20	31.50	20.00	10.80	0.00	41.00	0.20	18.90	36.50
19:15	54.50	40.00	60.00	47.60	31.70	25.00	16.00	27.10	40.00	0.00	26.70	12.60	23.50	26.50	20.00	5.80	20.00	51.00	20.00	3.90	31.50
19:30	45.70	40.00	58.70	57.60	16.70	17.00	6.00	17.40	40.00	0.00	20.20	7.60	11.30	21.50	39.90	34.20	20.00	38.30	20.00	0.00	26.50
19:45	55.30	53.70	53.70	48.90	10.00	12.00	20.00	10.30	40.00	0.00	19.20	2.60	6.30	40.00	34.90	25.40	20.00	31.40	40.00	0.00	21.50
20:00	40.80	40.70	48.70	43.90	5.00	7.00	17.00	5.30	40.00	0.00	14.20	0.00	21.30	55.70	29.40	15.40	20.00	26.40	40.00	0.00	17.40
20:15	30.80	25.70	43.70	39.10	0.00	2.00	12.00	0.30	40.00	0.00	9.20	0.00	20.00	49.00	19.40	7.00	58.90	21.40	56.90	16.30	12.40
20:30	24.60	51.90	40.00	47.80	0.00	40.00	7.00	0.00	35.90	0.00	4.20	0.00	20.00	59.00	9.50	2.00	53.90	20.00	51.90	11.30	7.40
20:45	15.70	42.00	40.00	37.80	0.00	40.00	13.10	20.00	29.90	0.00	20.00	0.00	16.50	45.80	24.50	0.00	46.50	40.00	43.30	6.30	2.40
21:00	10.70	40.00	35.50	25.50	0.00	40.00	6.10	20.00	39.90	20.00	20.00	0.00	11.50	35.00	20.00	0.00	56.50	40.00	31.60	13.00	0.00
21:15	5.70	34.30	26.70	12.70	0.00	60.00	1.10	20.00	28.20	20.00	20.00	0.00	6.50	26.70	20.00	0.00	47.60	40.00	19.70	0.00	0.00
21:30	0.70	24.30	16.70	7.70	0.00	55.00	0.00	18.80	17.30	20.00	20.00	0.00	1.50	21.70	20.00	0.00	42.60	40.00	9.70	0.00	0.00
21:45	0.00	14.30	6.70	2.70	0.00	45.80	0.00	13.80	8.30	18.10	20.00	0.00	0.00	19.10	15.50	0.00	56.00	39.70	3.40	0.00	20.00
22:00	0.00	4.30	1.10	0.00	0.00	35.80	0.00	8.80	3.30	13.10	20.00	0.00	0.00	14.10	10.50	0.00	46.40	31.00	0.00	0.00	20.00
22:15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.70	0.00	3.80	0.00	8.10	20.00	0.00	0.00	9.10	5.50	0.00	31.80	21.00	0.00	0.00	20.00
22:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.70	0.00	0.00	0.00	3.10	20.00	0.00	0.00	4.10	0.50	0.00	16.80	11.00	0.00	0.00	20.00
22:45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.80	1.20	0.00	0.00	20.00
23:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	15.60

23:15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.60
23:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.60

Anexo B. Datos de las segundas 20 simulaciones de las curvas de demanda generadas por Python y su media, Mall del Río

Hora	Simulación 22	Simulación 23	Simulación 24	Simulación 25	Simulación 26	Simulación 27	Simulación 28	Simulación 29	Simulación 30	Simulación 31	Simulación 32	Simulación 33	Simulación 34	Simulación 35	Simulación 36	Simulación 37	Simulación 38	Simulación 39	Simulación 40	Promedio	
10:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.333
10:15	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	20.00	0.00	20.00	0.00	14.20	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.200
10:30	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	20.00	0.00	20.00	0.00	9.20	0.00	0.00	18.40	0.00	0.00	0.00	0.00	40.00	0.00	0.00	4.367
10:45	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	20.00	0.00	18.00	0.00	24.20	0.00	20.00	13.40	0.00	0.00	0.00	0.00	36.50	0.00	0.00	6.133
11:00	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	18.50	0.00	13.00	0.00	20.00	0.00	20.00	8.40	0.00	0.00	0.00	0.00	31.50	0.00	0.00	5.620
11:15	0.00	0.00	0.00	39.10	20.00	13.50	0.00	8.00	0.00	17.80	0.00	20.00	3.40	0.00	0.00	0.00	0.00	25.70	0.00	0.00	6.907
11:30	0.00	0.00	0.00	34.10	20.00	8.50	0.00	3.00	0.00	12.80	0.00	20.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.70	0.00	0.00	7.147
11:45	0.00	0.00	10.80	27.70	20.00	38.10	0.00	0.00	0.00	7.80	0.00	15.40	20.00	0.00	0.00	40.00	0.00	9.30	0.00	0.00	8.647
12:00	0.00	0.00	5.80	37.70	39.10	29.60	0.00	0.00	0.00	2.80	0.00	10.40	16.60	0.00	0.00	40.00	0.00	4.30	0.00	0.00	11.630
12:15	0.00	0.00	0.80	25.40	51.30	24.60	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.40	11.60	0.00	0.00	40.00	20.00	0.00	20.00	0.00	13.260
12:30	0.00	0.00	0.00	15.40	41.30	16.10	20.00	0.00	0.00	0.00	12.60	0.40	6.60	0.00	20.00	35.90	20.00	17.00	20.00	0.00	16.330
12:45	0.00	20.00	20.00	26.80	29.80	24.00	40.00	20.00	0.00	0.00	7.60	12.80	1.60	0.00	40.00	30.90	20.00	12.00	40.00	0.00	19.570
13:00	0.00	16.00	20.00	21.80	15.80	14.00	38.80	20.00	0.00	0.00	2.60	42.20	0.00	0.00	37.10	24.00	16.30	7.00	40.00	0.00	18.750
13:15	0.00	11.00	20.00	40.00	8.60	44.00	33.80	20.00	20.00	20.00	0.00	32.20	0.00	0.00	48.00	14.00	31.30	2.00	40.00	0.00	18.927
13:30	0.00	26.00	20.00	55.30	3.60	40.00	48.80	20.00	20.00	38.50	0.00	24.40	0.00	20.00	34.70	8.00	26.30	0.00	37.20	0.00	20.393
13:45	0.00	20.80	40.00	50.30	11.70	40.00	63.80	40.00	15.50	33.50	0.00	20.00	0.00	20.00	39.70	3.00	40.20	0.00	32.20	0.00	25.393
14:00	0.00	14.80	40.00	42.70	6.70	40.00	57.20	36.10	10.50	48.50	0.00	20.00	0.00	20.00	27.70	0.00	53.90	0.00	27.20	0.00	24.937
14:15	0.00	9.80	40.00	32.70	1.70	40.00	52.20	31.10	5.50	40.80	0.00	20.00	0.00	20.00	21.70	0.00	48.90	0.00	22.20	0.00	24.247
14:30	20.00	4.80	40.00	26.20	0.00	33.30	47.20	26.10	20.50	27.20	20.00	20.00	0.00	36.60	14.90	0.00	43.90	0.00	20.00	0.00	23.650
14:45	20.00	0.00	37.80	16.20	0.00	23.30	42.20	19.40	20.00	17.20	19.00	17.40	20.00	26.60	9.90	0.00	40.00	0.00	20.00	0.00	21.773
15:00	20.00	0.00	32.80	8.90	0.00	13.30	34.00	13.30	40.00	7.20	14.00	12.40	20.00	27.70	4.90	0.00	40.00	0.00	20.00	0.00	19.067
15:15	20.00	0.00	27.80	3.90	0.00	3.30	24.00	8.30	40.00	0.00	9.00	7.40	20.00	12.70	0.00	20.00	39.40	0.00	20.00	0.00	16.290
15:30	37.70	20.00	22.80	0.00	0.00	20.00	14.00	23.30	36.40	0.00	4.00	2.40	20.00	1.10	0.00	20.00	34.40	0.00	19.00	0.00	16.633

15:45	32.70	20.00	20.00	0.00	0.00	20.00	4.00	20.00	31.40	0.00	0.00	0.00	15.30	0.00	0.00	20.00	29.40	0.00	14.00	14.763
16:00	27.70	40.00	20.00	0.00	0.00	20.00	0.00	20.00	23.20	0.00	20.00	0.00	10.30	40.00	0.00	20.00	38.50	0.00	9.00	14.470
16:15	22.70	40.00	20.00	0.00	0.00	20.00	0.00	20.00	13.20	0.00	40.00	0.00	25.30	40.00	0.00	20.00	25.90	0.00	4.00	19.173
16:30	20.00	40.00	20.00	0.00	0.00	20.00	0.00	40.00	6.80	0.00	40.00	0.00	20.30	35.70	0.00	20.00	15.90	20.00	0.00	15.037
16:45	38.10	35.10	18.20	0.00	20.00	18.10	20.00	40.00	1.80	0.00	40.00	0.00	38.50	30.70	0.00	20.00	6.90	40.00	0.00	18.020
17:00	53.10	30.10	13.20	0.00	20.00	13.10	20.00	40.00	20.00	20.00	40.00	0.00	31.40	25.70	0.00	20.00	21.90	37.10	0.00	19.617
17:15	46.40	25.10	48.20	0.00	20.00	8.10	19.60	40.00	15.20	20.00	36.80	14.70	21.40	20.70	20.00	35.80	20.00	28.40	0.00	22.533
17:30	36.40	16.00	43.20	0.00	20.00	3.10	14.60	35.40	10.20	20.00	31.80	9.70	27.40	37.40	20.00	30.80	37.50	18.40	0.00	20.407
17:45	28.30	10.90	36.70	0.00	20.00	0.00	26.80	30.40	5.20	20.00	26.80	4.70	13.90	32.40	19.10	21.00	29.20	8.40	20.00	22.757
18:00	18.30	21.40	31.70	0.00	20.00	0.00	16.80	24.60	0.20	20.00	21.80	0.00	20.40	27.40	14.10	11.00	19.20	1.20	40.00	22.200
18:15	10.00	31.40	26.70	40.00	40.00	0.00	7.20	34.60	17.20	20.00	16.20	20.00	10.40	22.40	9.10	5.20	9.20	0.00	38.00	25.903
18:30	5.00	25.50	41.70	40.00	40.00	0.00	2.20	49.20	32.20	20.00	11.20	20.00	4.40	18.10	4.10	0.20	1.70	0.00	33.00	27.473
18:45	37.00	19.40	40.00	40.00	55.60	0.00	0.00	42.90	47.20	20.00	6.20	20.00	20.00	33.10	0.00	0.00	0.00	20.00	28.00	27.707
19:00	27.00	13.90	40.00	40.00	50.60	0.00	0.00	53.70	62.20	20.00	21.20	40.00	20.00	24.70	0.00	0.00	20.00	20.00	23.00	26.947
19:15	37.00	8.90	40.00	40.00	45.60	0.00	0.00	48.70	60.00	20.00	20.00	38.30	20.00	14.70	0.00	0.00	19.60	32.00	17.40	28.787
19:30	27.00	23.90	52.10	38.10	40.50	0.00	0.00	40.80	60.00	37.60	20.00	28.60	18.40	23.40	0.00	0.00	14.60	27.00	32.40	27.367
19:45	18.30	16.90	42.10	33.10	34.90	0.00	0.00	32.10	60.00	27.60	18.60	18.60	13.40	13.40	0.00	0.00	9.60	17.90	27.40	26.087
20:00	28.60	31.90	51.70	24.60	29.90	0.00	0.00	27.10	60.00	17.60	13.60	8.60	8.40	6.80	0.00	18.10	4.60	10.90	22.40	24.733
20:15	18.60	26.90	36.40	14.60	24.90	0.00	0.00	22.10	60.00	27.60	8.60	0.30	3.40	1.80	11.60	33.10	0.00	5.90	20.00	22.253
20:30	8.60	21.90	21.80	6.60	20.00	0.00	20.00	20.00	60.00	17.80	3.60	0.00	0.00	0.00	26.60	48.10	0.00	0.90	16.40	22.177
20:45	0.30	20.00	11.80	1.60	20.00	0.00	20.00	20.00	51.40	12.80	20.00	0.00	0.00	0.00	41.60	41.80	0.00	0.00	11.40	20.963
21:00	0.00	20.00	2.20	0.00	20.00	0.00	40.00	20.00	36.40	7.80	20.00	0.00	0.00	0.00	40.00	31.20	0.00	0.00	6.40	20.130
21:15	0.00	19.00	0.00	0.00	40.00	0.00	39.40	20.00	21.40	2.80	40.00	0.00	0.00	0.00	40.00	41.20	0.00	0.00	41.40	17.633
21:30	0.00	14.00	0.00	0.00	40.00	20.00	34.40	20.00	6.40	0.00	35.50	0.00	0.00	0.00	37.80	31.20	0.00	20.00	60.00	15.027
21:45	0.00	9.00	0.00	0.00	33.20	20.00	29.40	16.70	0.00	0.00	50.50	20.00	0.00	0.00	30.90	22.50	0.00	20.00	60.00	13.057
22:00	0.00	4.00	0.00	0.00	23.20	20.00	24.00	11.70	0.00	0.00	45.50	20.00	0.00	0.00	20.90	20.00	0.00	16.90	57.20	9.710
22:15	0.00	0.00	0.00	0.00	13.20	18.30	14.60	6.70	0.00	0.00	40.50	19.60	0.00	0.00	10.90	19.30	0.00	11.90	50.00	6.460
22:30	0.00	0.00	0.00	0.00	3.20	13.30	9.60	1.70	0.00	0.00	37.40	14.60	0.00	0.00	3.10	14.30	0.00	6.90	38.20	3.833
22:45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.30	4.60	0.00	0.00	0.00	29.60	9.60	0.00	0.00	0.00	9.30	0.00	1.90	23.20	2.147

23:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	19.60	4.60	0.00	0.00	0.00	4.30	0.00	0.00	11.00	1.127
23:15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.20	0.637
23:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.303

Anexo C. Datos de las primeras 20 simulaciones de las curvas de demanda generadas por Python, Batán Shopping, Monay Shopping y Racar Plaza

Hora	Simulación 1	Simulación 2	Simulación 3	Simulación 4	Simulación 5	Simulación 6	Simulación 7	Simulación 8	Simulación 9	Simulación 10	Simulación 11	Simulación 12	Simulación 13	Simulación 14	Simulación 15	Simulación 16	Simulación 17	Simulación 18	Simulación 19	Simulación 20	Simulación 21
10:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10:15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36.90	0.00	0.00	0.00	15.20	0.00	20.00
10:45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.30	15.40	0.00	0.00	0.00	0.00	26.90	0.00	0.00	0.00	10.20	20.00	20.00
11:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	13.30	22.50	20.00	20.00	0.00	0.00	16.90	0.00	0.00	0.00	16.50	20.00	20.00
11:15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.80	0.00	8.30	12.50	20.00	20.00	0.00	0.00	6.90	0.00	0.00	0.00	6.50	20.00	20.00
11:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.80	0.00	3.30	2.50	20.00	36.00	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	1.30	20.00	20.00
11:45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.80	0.00	0.00	0.00	20.00	31.00	20.00	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	16.50	20.00
12:00	17.50	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.80	0.00	0.00	0.00	20.00	26.00	20.00	0.00	0.00	15.40	17.80	20.00	0.00	31.50	20.00
12:15	12.50	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	20.00	21.00	17.30	0.00	0.00	10.40	44.70	20.00	0.00	26.50	35.90
12:30	7.50	20.00	0.00	0.00	40.00	0.00	40.00	30.70	20.00	0.00	20.00	20.00	12.30	0.00	20.00	5.40	34.70	20.00	0.00	38.30	30.90
12:45	2.50	20.00	20.00	20.00	38.70	20.00	40.00	25.70	32.90	0.00	40.00	20.00	7.30	0.00	20.00	0.40	24.70	20.00	20.00	31.80	22.20
13:00	0.00	40.00	40.00	20.00	33.70	20.00	40.00	20.70	22.90	0.00	38.00	40.00	2.30	0.00	20.00	0.00	20.00	40.00	17.90	39.60	32.20
13:15	0.00	40.00	40.00	20.00	28.30	20.00	49.20	20.00	32.90	0.00	33.00	33.30	0.00	0.00	20.00	0.00	20.00	35.50	12.90	29.60	46.40
13:30	40.00	39.60	40.00	16.20	18.30	19.20	34.70	40.00	41.50	0.00	28.00	23.30	0.00	16.80	36.00	0.00	20.00	30.50	7.90	19.70	41.40
13:45	40.00	34.60	40.00	11.20	9.60	14.20	19.70	40.00	33.60	0.00	23.00	13.30	20.00	11.80	26.80	0.00	20.00	42.90	2.90	11.90	38.00
14:00	36.90	29.60	38.80	6.20	4.60	9.20	8.20	37.40	28.60	0.00	20.00	23.30	16.20	6.80	16.80	0.00	20.00	32.90	0.00	6.90	33.00
14:15	31.90	24.60	33.80	1.20	0.00	4.20	0.40	30.80	20.40	0.00	20.00	20.00	31.20	1.80	6.80	0.00	20.00	27.40	0.00	1.90	28.00
14:30	26.90	20.00	28.80	20.00	0.00	0.00	0.00	40.80	11.80	20.00	20.00	20.00	26.20	0.00	0.70	0.00	39.10	22.40	0.00	0.00	21.30
14:45	21.90	20.00	23.80	17.00	0.00	0.00	0.00	30.80	6.80	20.00	20.00	16.80	20.90	20.00	0.00	0.00	31.10	20.00	0.00	0.00	13.30
15:00	20.00	17.30	20.00	12.00	0.00	0.00	0.00	23.40	1.80	20.00	17.50	11.80	14.70	19.40	0.00	0.00	21.10	19.90	0.00	0.00	8.30

15:15	17.20	12.30	20.00	7.00	0.00	20.00	0.00	20.00	0.00	20.00	12.50	20.20	9.70	14.40	20.00	20.00	11.10	14.90	0.00	19.40	3.30
15:30	12.20	7.30	19.80	2.00	0.00	20.00	0.00	15.80	0.00	36.30	7.50	10.20	4.70	29.40	40.00	20.00	2.00	28.00	0.00	14.40	0.00
15:45	7.20	2.30	14.80	20.00	0.00	31.60	0.00	10.80	0.00	31.30	15.20	23.40	20.00	19.60	35.10	17.90	0.00	18.00	20.00	9.40	0.00
16:00	18.60	0.00	9.80	40.00	0.00	26.60	0.00	5.80	0.00	21.40	7.70	17.20	20.00	10.20	30.10	12.90	0.00	8.00	40.00	4.40	0.00
16:15	11.40	0.00	4.80	40.00	20.00	17.40	0.00	0.80	0.00	11.40	2.70	12.20	20.00	5.20	20.30	27.90	20.00	3.00	35.50	0.00	0.00
16:30	6.40	40.00	0.00	40.00	20.00	30.80	0.00	0.00	0.00	5.10	0.00	27.20	16.30	0.20	10.30	22.90	40.00	0.00	30.50	0.00	0.00
16:45	1.40	40.00	20.00	40.00	20.00	25.80	20.00	0.00	0.00	0.10	0.00	21.90	11.30	0.00	5.20	20.00	40.00	0.00	25.50	0.00	0.00
17:00	0.00	37.70	19.20	37.20	20.00	20.80	40.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.70	26.30	0.00	0.20	34.60	40.00	20.00	16.30	0.00	0.00
17:15	20.00	32.70	14.20	31.20	20.00	20.00	40.00	0.00	20.00	49.80	0.00	9.70	21.30	40.00	0.00	29.60	35.00	20.00	30.70	20.00	0.00
17:30	34.10	36.50	9.20	21.20	35.30	35.90	40.00	0.00	20.00	39.80	0.00	4.70	20.00	37.30	0.00	24.60	30.00	20.00	41.60	16.60	15.00
17:45	29.10	21.50	4.20	25.10	29.20	25.90	40.00	0.00	40.00	26.10	32.00	0.00	19.30	27.30	0.00	20.00	23.80	34.80	27.50	49.90	10.00
18:00	24.10	8.90	13.70	12.90	19.20	15.90	40.00	0.00	38.90	12.00	27.00	0.00	14.30	17.30	20.00	16.10	13.80	29.80	16.70	39.90	5.00
18:15	20.00	3.90	8.70	3.90	29.20	5.90	39.40	20.00	33.90	6.30	21.00	0.00	9.30	7.30	20.00	11.10	28.70	23.60	6.70	29.90	0.00
18:30	40.00	0.00	3.70	20.00	22.40	0.00	34.40	20.00	28.90	1.30	14.10	0.00	4.30	0.00	20.00	6.10	23.70	13.90	0.90	23.40	0.00
18:45	40.00	0.00	20.00	17.20	13.60	35.70	29.40	40.00	20.40	0.00	29.10	0.00	0.00	20.00	20.00	1.10	20.00	8.90	0.00	20.00	0.00
19:00	40.00	0.00	20.00	12.20	23.20	50.70	24.40	50.50	11.50	12.20	24.10	0.00	20.00	17.40	20.00	40.00	15.30	3.90	0.00	20.00	20.00
19:15	36.50	40.00	20.00	27.20	33.20	43.60	20.00	40.50	6.50	7.20	20.00	20.00	20.00	12.40	40.00	36.10	30.30	0.00	0.00	20.00	40.00
19:30	29.20	44.40	40.00	22.20	24.60	33.60	18.00	26.30	1.50	2.20	20.00	20.00	20.00	7.40	39.70	43.70	21.30	20.00	0.00	15.50	40.00
19:45	19.20	31.20	40.00	32.20	18.10	27.90	13.00	14.10	0.00	0.00	20.00	20.00	17.30	2.40	34.70	33.70	11.30	20.00	0.00	10.50	38.40
20:00	9.20	17.00	36.60	28.20	13.10	22.90	8.00	5.80	0.00	0.00	20.00	20.00	32.30	9.10	29.70	23.70	6.00	40.00	0.00	5.50	33.40
20:15	22.70	7.00	41.90	20.40	8.10	20.00	3.00	0.80	0.00	0.00	20.00	20.00	47.30	4.10	24.70	20.00	10.00	40.00	0.00	0.50	28.40
20:30	20.00	1.80	26.90	12.20	3.10	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	20.00	42.30	0.00	20.00	20.00	0.00	40.00	0.00	0.00	23.40
20:45	20.00	0.00	11.90	7.20	0.00	20.00	20.00	20.00	0.00	0.00	20.00	20.00	40.00	0.00	20.00	15.60	0.00	40.00	0.00	0.00	20.00
21:00	16.20	0.00	0.30	2.20	0.00	15.30	20.00	20.00	0.00	0.00	36.20	20.00	37.90	0.00	15.00	30.60	0.00	38.70	20.00	0.00	16.80
21:15	11.20	0.00	0.00	0.00	0.00	10.30	20.00	20.00	17.90	0.00	51.10	20.00	29.90	0.00	10.00	25.60	0.00	33.70	16.70	0.00	11.80
21:30	6.20	0.00	0.00	0.00	0.00	5.30	38.20	20.00	12.90	0.00	41.10	20.00	19.90	0.00	5.00	20.60	0.00	25.60	11.70	0.00	26.80
21:45	1.20	0.00	14.60	0.00	20.00	0.30	28.20	20.00	7.90	0.00	28.80	20.00	9.90	10.30	0.00	17.50	0.00	15.60	6.70	0.00	21.80
22:00	0.00	0.00	9.60	0.00	20.00	0.00	18.20	20.00	2.90	0.00	17.60	20.00	1.90	5.30	0.00	12.50	0.00	6.90	1.70	0.00	15.30
22:15	0.00	0.00	4.60	0.00	15.10	0.00	8.20	20.00	0.00	0.00	7.80	14.80	0.00	0.30	0.00	7.50	0.00	1.90	0.00	0.00	10.30

22:30	0.00	0.00	0.00	0.00	10.10	0.00	0.00	15.60	0.00	0.00	2.80	9.80	0.00	0.00	0.00	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	5.30
22:45	0.00	0.00	0.00	0.00	6.10	0.00	0.00	10.60	0.00	0.00	0.00	4.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
23:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	6.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23:15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Anexo D. Datos de las segundas 20 simulaciones de las curvas de demanda generadas por Python y su media, Batán Shopping, Monay Shopping y Racar Plaza

Hora	Simulación 22	Simulación 23	Simulación 24	Simulación 25	Simulación 26	Simulación 27	Simulación 28	Simulación 29	Simulación 30	Simulación 31	Simulación 32	Simulación 33	Simulación 34	Simulación 35	Simulación 36	Simulación 37	Simulación 38	Simulación 39	Simulación 40	Promedio
10:00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.000
10:15	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	40.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.000
10:30	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	38.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	3.737
10:45	0.00	20.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	33.90	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	17.20	5.027
11:00	0.00	16.10	20.00	0.00	35.70	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	28.90	0.00	0.00	20.00	0.00	0.00	12.20	8.700
11:15	0.00	11.10	20.00	0.00	30.70	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	23.90	0.00	0.00	17.60	0.00	20.00	7.20	7.160
11:30	0.00	6.10	20.00	0.00	25.70	0.00	20.00	20.00	0.00	0.00	20.00	20.00	20.00	0.00	14.60	12.60	0.00	20.00	2.20	7.623
11:45	0.00	1.10	20.00	0.00	15.80	0.00	15.90	20.00	0.00	0.00	20.00	20.00	20.00	0.00	9.60	7.60	0.00	15.00	0.00	6.970
12:00	0.00	0.00	20.00	20.00	10.10	0.00	10.90	20.00	0.00	0.00	20.00	20.00	20.00	0.00	4.60	2.60	0.00	10.00	0.00	10.433
12:15	0.00	0.00	20.00	20.00	5.10	0.00	5.90	15.50	0.00	20.00	20.00	20.00	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	10.493
12:30	0.00	0.00	20.00	20.00	0.10	0.00	0.90	30.50	0.00	40.00	40.00	19.90	10.00	20.00	13.30	20.00	0.00	20.00	0.00	14.377
12:45	0.00	0.00	16.10	20.00	0.00	0.00	0.00	25.50	0.00	40.00	40.00	34.90	5.00	40.00	8.30	20.00	0.00	40.00	0.00	16.260
13:00	0.00	0.00	31.10	20.00	0.00	14.90	0.00	20.50	0.00	35.10	35.80	29.90	20.00	40.00	3.30	20.00	20.00	40.00	20.00	19.127
13:15	0.00	0.00	44.20	20.00	0.00	9.90	0.00	17.00	0.00	30.10	29.80	21.10	20.00	40.00	0.00	20.00	34.50	40.00	20.00	19.073
13:30	20.00	20.00	29.30	20.00	0.00	4.90	20.00	12.00	0.00	20.50	19.80	11.20	20.00	40.00	20.00	20.00	29.50	40.00	20.00	21.310
13:45	17.90	17.40	18.10	18.90	0.00	16.90	38.40	25.10	0.00	10.50	9.80	20.80	18.70	38.60	20.00	40.00	24.50	36.20	40.00	20.207
14:00	12.90	12.40	8.10	13.90	0.00	46.10	33.40	15.10	0.00	5.40	4.10	10.80	33.70	31.00	20.00	40.00	20.00	31.20	40.00	17.243
14:15	7.90	7.40	38.70	28.90	0.00	36.10	24.50	8.10	0.00	0.40	0.00	4.60	25.60	21.00	20.00	36.00	19.40	26.20	40.00	15.200
14:30	2.90	2.40	30.70	21.80	20.00	26.10	14.50	3.10	0.00	18.70	0.00	0.00	15.60	11.00	40.00	31.00	34.40	21.20	40.00	14.650

14:45	0.00	0.00	20.70	12.90	20.00	20.00	26.00	0.00	20.00	13.70	0.00	0.00	6.80	2.40	35.60	22.10	29.40	15.00	40.00	13.400
15:00	0.00	0.00	10.70	7.90	15.80	20.00	21.00	0.00	20.00	8.70	0.00	0.00	1.80	0.00	30.60	12.10	35.00	10.00	35.10	10.753
15:15	0.00	0.00	1.90	2.90	30.80	20.00	20.00	0.00	20.00	3.70	0.00	20.00	10.10	0.00	45.60	6.10	24.70	5.00	30.10	11.920
15:30	0.00	0.00	0.00	0.00	45.80	20.00	20.00	0.00	19.80	0.00	20.00	20.00	5.10	20.00	37.90	1.10	34.70	20.00	25.10	12.507
15:45	0.00	0.00	0.00	0.00	40.60	20.00	31.10	0.00	14.80	0.00	20.00	20.00	0.10	20.00	32.40	0.00	29.20	20.00	35.50	13.437
16:00	0.00	0.00	0.00	12.60	34.90	20.00	25.90	0.00	9.80	0.00	20.00	20.00	0.00	20.00	27.40	0.00	24.20	15.80	30.40	12.530
16:15	0.00	0.00	0.00	7.60	29.90	20.00	35.90	0.00	4.80	0.00	18.60	20.00	0.00	20.00	22.40	0.00	18.30	10.00	25.40	11.693
16:30	20.00	0.00	0.00	2.60	24.90	20.00	47.30	0.00	0.00	0.00	33.60	20.00	0.00	18.00	20.00	20.00	13.30	5.80	20.40	13.483
16:45	20.00	0.00	0.00	0.00	19.90	20.00	35.70	0.00	0.00	0.00	28.60	20.00	20.00	13.00	15.60	15.40	8.30	20.80	39.00	12.893
17:00	19.20	20.00	0.00	0.00	14.90	33.30	21.00	0.00	0.00	20.00	22.60	40.00	20.00	28.00	10.60	10.40	3.30	20.00	34.00	14.513
17:15	14.20	20.00	0.00	0.00	29.90	43.30	11.00	0.00	20.00	20.00	34.00	37.40	20.00	43.00	5.60	5.40	0.00	40.00	49.00	19.753
17:30	9.20	40.00	0.00	11.50	24.90	33.30	3.40	0.00	37.20	20.00	29.00	27.40	16.40	40.00	0.60	20.40	0.00	40.00	44.00	21.377
17:45	19.40	40.00	0.00	26.50	20.00	23.30	0.00	0.00	32.20	40.00	41.70	17.40	11.40	35.80	0.00	18.70	20.00	34.70	36.70	21.570
18:00	21.50	36.80	0.00	21.50	20.00	19.90	0.00	0.00	27.20	35.60	27.70	7.40	6.40	28.70	20.00	13.70	20.00	24.70	31.70	17.747
18:15	11.50	38.70	0.00	20.00	20.00	14.90	0.00	0.00	22.20	30.60	17.70	15.30	1.40	18.70	20.00	8.70	20.00	14.70	26.70	15.203
18:30	1.50	43.70	0.00	15.30	35.30	9.90	0.00	0.00	40.00	25.60	27.70	10.30	0.00	8.70	37.80	3.70	20.00	24.70	21.70	14.093
18:45	0.00	28.70	0.00	30.30	30.30	4.90	0.00	0.00	38.00	19.90	20.00	5.30	0.00	2.90	30.00	20.00	16.80	20.00	39.00	15.587
19:00	0.00	41.10	0.00	21.60	25.30	0.00	0.00	10.60	33.00	34.30	20.00	0.30	0.00	15.70	40.00	17.90	11.80	20.00	34.00	18.567
19:15	0.00	39.40	0.00	11.60	18.00	0.00	20.00	5.60	28.00	29.30	15.10	20.00	0.00	10.70	30.00	12.90	6.80	18.20	24.00	21.203
19:30	12.40	30.80	20.00	6.30	12.70	0.00	20.00	20.60	23.00	24.30	21.10	20.00	20.00	5.70	22.20	7.90	21.80	33.20	14.00	21.180
19:45	25.00	40.80	17.30	21.30	7.70	0.00	16.00	20.00	20.00	40.00	11.10	32.40	17.40	0.70	20.00	14.00	20.00	28.20	5.00	19.070
20:00	15.00	28.60	12.30	20.00	2.70	0.00	11.00	40.00	20.00	40.00	1.10	22.40	12.40	0.00	20.00	6.10	39.00	23.20	0.00	17.003
20:15	7.60	14.30	27.30	40.00	0.00	0.00	6.00	40.00	40.00	37.10	0.00	12.40	7.40	0.00	20.00	1.10	34.00	20.00	0.00	17.137
20:30	2.60	7.80	22.30	40.00	0.00	0.00	1.00	36.60	35.50	32.10	0.00	2.40	2.40	0.00	16.20	0.00	29.00	20.00	0.00	13.850
20:45	0.00	2.80	40.00	40.00	0.00	15.60	0.00	31.60	40.50	27.10	0.00	0.00	0.00	0.00	11.20	0.00	24.00	20.00	0.00	14.840
21:00	0.00	0.00	40.00	40.00	0.00	30.60	0.00	23.20	42.50	33.70	0.00	0.00	0.00	0.00	6.20	0.00	20.00	19.40	11.80	15.517
21:15	20.00	0.00	40.00	35.60	20.00	25.60	0.00	13.20	22.50	26.50	0.00	0.00	0.00	40.00	1.20	0.00	17.10	14.40	6.80	15.170
21:30	20.00	0.00	38.40	25.60	20.00	20.60	0.00	6.60	27.20	21.50	0.00	0.00	20.00	40.00	0.00	20.00	12.10	9.40	1.80	13.723
21:45	40.00	0.00	33.40	15.60	20.00	20.00	0.00	40.10	22.00	20.00	0.00	0.00	20.00	37.50	0.00	16.40	7.10	4.40	0.00	13.797

22:00	40.00	0.00	28.40	5.60	20.00	18.70	0.00	33.50	20.00	18.00	0.00	0.00	20.00	32.50	0.00	11.40	2.10	0.00	0.00	10.603
22:15	36.10	0.00	20.60	0.00	20.00	13.70	0.00	28.50	20.00	13.00	0.00	0.00	18.90	27.50	0.00	6.40	0.00	0.00	0.00	7.647
22:30	30.70	0.00	12.20	0.00	20.00	8.70	0.00	22.30	16.80	8.00	0.00	0.00	13.90	18.20	0.00	1.40	0.00	0.00	0.00	5.227
22:45	20.70	0.00	7.20	0.00	18.90	3.70	0.00	13.80	11.80	3.00	0.00	0.00	8.90	10.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.263
23:00	10.70	0.00	2.20	0.00	13.90	0.00	0.00	8.80	6.80	0.00	0.00	0.00	3.90	5.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.637
23:15	4.60	0.00	0.00	0.00	8.90	0.00	0.00	3.80	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.657
23:30	0.00	0.00	0.00	0.00	3.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.130

Anexo E. Proforma Mall del Río

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1	Suministro, montaje e instalación de seccionamiento, en tres Fases (S3)	U	1.00	\$265.00	265.00
2	Suministro y montaje de bajante en tubo emt 4" PULGADAS " más accesorios .110mm de red aérea a subt. M.t.	U	2.00	\$118.90	237.80
3	Suministro y montaje de soporte de 3 vías en pozo	U	6.00	\$16.19	97.14
4	Suministro y colocación de sello hermetizante para ducto 110mm	U	12.00	\$41.50	498.00
5	Suministro y tendido de conductor XLPE 2 AWG 25 Kv, en ducto 110 mm	M	725.00	\$14.25	10,331.25
6	Suministro y tendido de conductor # 2 DESNUDO AWG, en ducto 110 mm	M	242.00	\$3.90	943.80
7	Suministro, y montaje de transformador, 3F, tipo Padmounted de 100 KVA, 22 KV/ 220 127v	U	1.00	\$9,864.00	9,864.00
8	Suministro, y montaje de transformador elevador, 1F, tipo Pedestal de 100 KVA, 220/400v	U	1.00	\$5,500.00	5,500.00
9	Suministro y señalización de puesta a tierra con varilla cooperweld de 1,8 m, alta camada y suelda exotérmica	U	2.00	\$68.00	136.00
10	Base para transformador Pad Mounted y señalización	U	1.00	\$843.72	843.72
11	Suministro y tendido de conductor, TTU # 4,	M	48.00	\$4.75	228
12	Suministro y tendido de conductor SUPERFLEX #2/0	M	423.00	\$11.75	4,970.25
13	Suministro y tendido de conductor SUPERFLEX #1/0	M	141.00	\$10.50	1,480.50
14	Suministro y tendido de conductor de cobre desnudo 2 AWG	M	189.00	\$5.25	992.25
15	Suministro y tendido de conductor SUPERFLEX # 8	M	324.00	\$1.65	534.60
16	Suministro y tendido de conductor SUPERFLEX # 4	M	192.00	\$4.75	912.00
17	Suministro y montaje de CAJA de distribución 300X300X150mm	U	2.00	\$45.45	844.72
18	Suministro y montaje de breaker tipo caja moldeada de 300 A regulable	U	1.00	\$165.50	165.5
19	Suministro y montaje de breaker tipo caja moldeada de 250 A regulable	U	1.00	\$115.45	115.45
20	Suministro y montaje de CAJA de distribución 300X300X150mm 2Polos 12 espacios	U	1.00	\$105.00	105.00
21	Suministro de breaker bifásico 40ª	U	5.00	\$18.45	92.25
22	Suministro y montaje de CAJA de distribución 300X300X150mm 3Polos 20 Espacios	U	1.00	\$215.45	215.45
23	Suministro de breaker trifásico 80ª	U	5.00	\$62.50	312.50
24	Suministro e instalación de Inversor de 75kW más accesorios	U	1.00	\$6,040.00	6,040.00
25	Suministro e instalación de Panel solar de 610W más accesorios	U	117.00	\$234.00	27,378.00
26	Suministro e instalación de Electrolinería más accesorios	U	5.00	\$6,800.00	34,000.00
	Excavaciones y pozos				

27	Pozo de revisión TIPO A 60x60x75cm inc. Tapa con excavación	U	2.00	\$212.88	425.76
28	Pozo de revisión TIPO B 90x90x90cm incluye tapa de hormigón con cerco y brocal metálico	U	4.00	\$412.05	1,648.20
29	Banco de Ductos de 6 Vías	M	102.00	\$79.73	8,132.46
SUBTOTAL					117,309.6
IVA 15%					17,596.44
TOTAL					134,906.04

Anexo F. Proforma Batán Shopping

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1	Suministro, montaje e instalación de seccionamiento, en tres Fases (S3)	U	1.00	\$265.00	265.00
2	Suministro y montaje de bajante en tubo emt 4" PULGADAS " más accesorios .110mm de red aérea a subt. M.t.	U	2.00	\$118.90	237.80
3	Suministro y montaje de soporte de 3 vías en pozo	U	3.00	\$16.19	48.57
4	Suministro y colocación de sello hermetizante para ducto 110mm	U	6.00	\$41.50	249.00
5	Suministro y tendido de conductor XLPE 2 AWG 25 Kv, en ducto 110 mm	M	129.00	\$14.25	1,838.25
6	Suministro y tendido de conductor # 2 DESNUDO AWG, en ducto 110 mm	M	28.00	\$3.90	109.20
7	Suministro, y montaje de transformador, 3F, tipo Padmounted de 75 KVA, 22 KV/ 220 127v	U	1.00	8,955.55	8,955.55
8	Suministro, y montaje de transformador elevador, 1F, tipo Pedestal de 75 KVA, 220/400v	U	1.00	\$4,500.00	4,500.00
9	Suministro y colocación de puesta a tierra con varilla cooperweld de 1,8 m, alta camada y suelda exotérmica	U	2.00	68.00	136.00
10	Base para transformador Pad Mounted y señalización	U	1.00	843.72	843.72
11	Suministro y tendido de conductor, TTU # 4,	M	48.00	\$4.75	228.00
12	Suministro y tendido de conductor SUPERFLEX #2/0	M	249.00	\$11.75	2,925.75
13	Suministro y tendido de conductor SUPERFLEX #1/0	M	83.00	\$10.50	871.50
14	Suministro y tendido de conductor de cobre desnudo 2 AWG	M	107.00	\$5.25	561.75
15	Suministro y tendido de conductor SUPERFLEX # 8	M	171.00	\$1.65	282.15
16	Suministro y tendido de conductor SUPERFLEX # 4	M	96.00	\$4.75	456.00
17	Suministro y montaje de CAJA de distribución 300X300X150mm con fondo	U	2.00	\$45.45	90.90
18	Suministro y montaje de breaker tipo caja moldeada de 300 A regulable	U	1.00	\$175.50	175.50
19	Suministro y montaje de breaker tipo caja moldeada de 250 A regulable	U	1.00	\$125.45	125.45
20	Suministro y montaje de CAJA de distribución 300X300X150mm 2Polos 8 espacios	U	1.00	\$75.45	75.45
21	Suministro de breaker bifásico 40ª	U	3.00	\$18.45	55.35

22	Suministro y montaje de CAJA de distribución 300X300X150mm 3Polos 12 Espacios	U	1.00	\$165.45	165.45
23	Suministro de breaker trifásico 80ª	U	3.00	\$62.50	187.50
24	Suministro e instalación de Inversor de 50kW más accesorios	U	1.00	\$5,600.00	5,600.00
25	Suministro e instalación de Panel solar de 610W más accesorios	U	79.00	\$234.00	18,486.00
26	Suministro e instalación de Electrolinería más accesorios	U	3.00	\$6,800.00	20,400.00
	Excavaciones y pozos				
27	Pozo de revisión TIPO A 60x60x75cm inc. Tapa con excavación	U	2.00	212.88	425.76
28	Pozo de revisión TIPO B 90x90x90cm incluye tapa de hormigón con cerco y brocal metálico	U	3.00	412.05	1,236.15
29	Banco de Ductos de 6 Vías	M	44.00	79.73	3,508.12
				SUBTOTAL	70,292.05
				IVA 15%	10,543.81
				TOTAL	80,835.86

Anexo G. Proforma Monay Shopping

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1	Suministro, montaje e instalación de seccionamiento, en tres Fases (S3)	U	1.00	\$265.00	265.00
2	Suministro y montaje de bajante en tubo emt 4" PULGADAS " más accesorios .110mm de red aérea a subt. M.t.	U	2.00	\$118.90	237.80
3	Suministro y montaje de soporte de 3 vías en pozo	U	3.00	\$16.19	48.57
4	Suministro y colocación de sello hermetizante para ducto 110mm	U	6.00	\$41.50	249.00
5	Suministro y tendido de conductor XLPE 2 AWG 25 Kv, en ducto 110 mm	M	162.00	\$14.25	2,308.50
6	Suministro y tendido de conductor # 2 DESNUDO AWG, en ducto 110 mm	M	40.00	\$3.90	156.00
7	Suministro, y montaje de transformador, 3F, tipo Padmounted de 75 KV, 22 KV/ 220 127v	U	1.00	8,955.55	8,955.55
8	Suministro, y montaje de transformador elevador, 1F, tipo Pedestal de 75 KVA, 220/400v	U	1.00	\$4,500.00	4,500.00
9	Suministro y colocación de puesta a tierra con varilla cooperweld de 1,8 m, alta camada y suelda exotérmica	U	2.00	68.00	136.00
10	Base para transformador Pad Mounted y señalización	U	1.00	843.72	843.72
11	Suministro y tendido de conductor, TTU # 4,	M	48.00	\$4.75	228.00
12	Suministro y tendido de conductor SUPERFLEX #2/0	M	276.00	\$11.75	3,243.00
13	Suministro y tendido de conductor SUPERFLEX #1/0	M	92.00	\$10.50	996.00
14	Suministro y tendido de conductor de cobre desnudo 2 AWG	M	116.00	\$5.25	609.00
15	Suministro y tendido de conductor SUPERFLEX # 8	M	171.00	\$1.65	282.15

16	Suministro y tendido de conductor SUPERFLEX # 4	M	96.00	\$4.75	456.00
17	Suministro y montaje de CAJA de distribución 300X300X150mm con fondo	U	2.00	\$45.45	90.90
18	Suministro y montaje de breaker tipo caja moldeada de 300 A regulable	U	1.00	\$175.50	175.50
19	Suministro y montaje de breaker tipo caja moldeada de 250 A regulable	U	1.00	\$125.45	125.45
20	Suministro y montaje de CAJA de distribución 300X300X150mm 2Polos 8 espacios	U	1.00	\$75.45	75.45
21	Suministro de breaker bifásico 40ª	U	3.00	\$18.45	55.35
22	Suministro y montaje de CAJA de distribución 300X300X150mm 3Polos 12 Espacios	U	1.00	\$165.45	165.45
23	Suministro de breaker trifásicos 80ª	U	3.00	\$62.50	187.50
24	Suministro e instalación de Inversor de 50kW más accesorios	U	1.00	\$5,600.00	5,600.00
25	Suministro e instalación de Panel solar de 610W más accesorios	U	79.00	\$234.00	18,486.00
26	Suministro e instalación de Electrolinería más accesorios	U	3.00	\$6,800.00	20,400.00
	Excavaciones y pozos				
27	Pozo de revisión TIPO A 60x60x75cm inc. Tapa con excavación	U	2.00	212.88	425.76
28	Pozo de revisión TIPO B 90x90x90cm incluye tapa de hormigón con cerco y brocal metálico	U	3.00	412.05	1,236.15
29	Banco de Ductos de 6 Vías	M	53.00	79.73	4,225.69
SUBTOTAL					71,468.62
IVA 15%					10,720.29
TOTAL					82,188.91

Anexo H. Proforma Racar Plaza

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1	Suministro, montaje e instalación de seccionamiento, en tres Fases (S3)	U	1.00	\$265.00	265.00
2	Suministro y montaje de bajante en tubo emt 4" PULGADAS " más accesorios .110mm de red aérea a subt. M.t.	U	2.00	\$118.90	237.80
3	Suministro y montaje de soporte de 3 vías en pozo	U	3.00	\$16.19	48.57
4	Suministro y colocación de sello hermetizante para ducto 110mm	U	6.00	\$41.50	249.00
5	Suministro y tendido de conductor XLPE 2 AWG 25 Kv, en ducto 110 mm	M	345.00	\$14.25	4,916.25
6	Suministro y tendido de conductor # 2 DESNUDO AWG, en ducto 110 mm	M	100.00	\$3.90	390.00
7	Suministro, y montaje de transformador, 3F, tipo Padmounted de 75 KV, 22 KV/ 220 127v	U	1.00	8,955.55	8,955.55
8	Suministro, y montaje de transformador elevador, 1F, tipo Pedestal de 75 KVA, 220/400v	U	1.00	\$4,500.00	4,500.00
9	Suministro y colocación de puesta a tierra con varilla cooperweld de 1,8 m, alta camada y suelda exotérmica	U	2.00	68.00	136.00

10	Base para transformador Pad Mounted y señalización	U	1.00	843.72	843.72
11	Suministro y tendido de conductor, TTU # 4,	M	48.00	\$4.75	228.00
12	Suministro y tendido de conductor SUPERFLEX #2/0	M	462.00	\$11.75	5,428.50
13	Suministro y tendido de conductor SUPERFLEX #1/0	M	152.00	\$10.50	1,596.00
14	Suministro y tendido de conductor de cobre desnudo 2 AWG	M	178.00	\$5.25	934.50
15	Suministro y tendido de conductor SUPERFLEX # 8	M	171.00	\$1.65	282.15
16	Suministro y tendido de conductor SUPERFLEX # 4	M	96.00	\$4.75	456.00
17	Suministro y montaje de CAJA de distribución 300X300X150mm con fondo	U	2.00	\$45.45	90.90
18	Suministro y montaje de breaker tipo caja moldeada de 300 A regulable	U	1.00	\$175.50	175.50
19	Suministro y montaje de breaker tipo caja moldeada de 250 A regulable	U	1.00	\$125.45	125.45
20	Suministro y montaje de CAJA de distribución 300X300X150mm 2Polos 8 espacios	U	1.00	\$75.45	75.45
21	Suministro de breaker bifásico 40ª	U	3.00	\$18.45	55.35
22	Suministro y montaje de CAJA de distribución 300X300X150mm 3Polos 12 Espacios	U	1.00	\$165.45	165.45
23	Suministro de breaker trifásicos 80ª	U	3.00	\$62.50	187.50
24	Suministro e instalación de Inversor de 50kW más accesorios	U	1.00	\$5,600.00	5,600.00
25	Suministro e instalación de Panel solar de 610W más accesorios	U	79.00	\$234.00	18,486.00
26	Suministro e instalación de Electrolinerá más accesorios	U	3.00	\$6,800.00	20,400.00
	Excavaciones y pozos				
27	Pozo de revisión TIPO A 60x60x75cm inc. Tapa con excavación	U	2.00	212.88	425.76
28	Pozo de revisión TIPO B 90x90x90cm incluye tapa de hormigón con cerco y brocal metálico	U	3.00	412.05	1,236.15
29	Banco de Ductos de 6 Vías	M	115.00	79.73	9,168.95
				SUBTOTAL	79,552.88
				IVA 15%	11,932.93
				TOTAL	91,485.81

Anexo I. Estimación de la rentabilidad (0.08 USD/kWh): VAN y TIR, Mall del Río

AÑO	BENEFICIO INCREMENTAL	COSTO INCREMENTAL	VALOR NETO	RENTABILIDAD
0	-	134906.040	-134906.040	-
1	9571.794	1349.060	8222.734	-126683.306
2	9532.207	1349.060	8183.146	-118500.160
3	9492.817	1349.060	8143.757	-110356.403
4	9453.624	1349.060	8104.564	-102251.839
5	9414.628	1349.060	8065.567	-94186.272
6	9375.826	1349.060	8026.766	-86159.506
7	9337.218	1349.060	7988.158	-78171.348

8	9298.803	1349.060	7949.743	-70221.605
9	9260.581	1349.060	7911.520	-62310.085
10	9222.549	7289.060	1933.489	-60376.596
11	9184.708	1349.060	7835.647	-52540.949
12	9147.056	1349.060	7797.995	-44742.953
13	9109.592	1349.060	7760.531	-36982.422
14	9072.315	1349.060	7723.255	-29259.167
15	9035.225	1349.060	7686.165	-21573.002
16	8998.320	1349.060	7649.260	-13923.743
17	8961.600	1349.060	7612.540	-6311.203
18	8925.063	1349.060	7576.003	1264.800
19	8888.709	1349.060	7539.649	8804.449
20	8852.537	1349.060	7503.477	16307.926
TASA DE INTERES				10%
TIR				1%
VAN				-69332.051

Anexo J. Estimación de la rentabilidad (0.08 USD/kWh): VAN y TIR, Batán Shopping

AÑO	BENEFICIO INCREMENTAL	COSTO INCREMENTAL	VALOR NETO	RENTABILIDAD
0	-	80835.8575	-80835.8575	-
1	6090.6588	808.358575	5282.300225	-75553.55728
2	6066.33	808.358575	5257.971425	-70295.58585
3	6042.122844	808.358575	5233.764269	-65061.82158
4	6018.036724	808.358575	5209.678149	-59852.14343
5	5994.071034	808.358575	5185.712459	-54666.43097
6	5970.225173	808.358575	5161.866598	-49504.56438
7	5946.498541	808.358575	5138.139966	-44366.42441
8	5922.890542	808.358575	5114.531967	-39251.89244
9	5899.400584	808.358575	5091.042009	-34160.85043
10	5876.028075	6308.358575	-432.3305002	-34593.18093
11	5852.772428	808.358575	5044.413853	-29548.76708
12	5829.63306	808.358575	5021.274485	-24527.49259
13	5806.609389	808.358575	4998.250814	-19529.24178
14	5783.700836	808.358575	4975.342261	-14553.89952
15	5760.906826	808.358575	4952.548251	-9601.351268
16	5738.226786	808.358575	4929.868211	-4671.483058
17	5715.660146	808.358575	4907.301571	235.818513
18	5693.206339	808.358575	4884.847764	5120.666277
19	5670.864801	808.358575	4862.506226	9983.172503
20	5648.634971	808.358575	4840.276396	14823.4489
TASA DE INTERES				10%

TIR	2%
VAN	-39300.70

Anexo K. Estimación de la rentabilidad (0.08 USD/kWh): VAN y TIR, Monay Shopping

AÑO	BENEFICIO INCREMENTAL	COSTO INCREMENTAL	VALOR NETO	RENTABILIDAD
0	-	82188.913	-82188.913	-
1	6113.779	821.889	5291.890	-76897.023
2	6089.334	821.889	5267.445	-71629.578
3	6065.012	821.889	5243.123	-66386.455
4	6040.812	821.889	5218.923	-61167.532
5	6016.732	821.889	5194.843	-55972.689
6	5992.773	821.889	5170.884	-50801.806
7	5968.934	821.889	5147.044	-45654.761
8	5945.213	821.889	5123.324	-40531.437
9	5921.612	821.889	5099.723	-35431.714
10	5898.128	6321.889	-423.761	-35855.475
11	5874.762	821.889	5052.873	-30802.602
12	5851.513	821.889	5029.624	-25772.979
13	5828.380	821.889	5006.491	-20766.488
14	5805.362	821.889	4983.473	-15783.015
15	5782.460	821.889	4960.571	-10822.444
16	5759.672	821.889	4937.783	-5884.661
17	5736.998	821.889	4915.109	-969.552
18	5714.438	821.889	4892.549	3922.997
19	5691.990	821.889	4870.101	8793.098
20	5669.655	821.889	4847.766	13640.863
			TASA DE INTERES	10.00%
			TIR	2%
			VAN	-40578.364

Anexo L. Estimación de la rentabilidad (0.08 USD/kWh): VAN y TIR, Racar Plaza

AÑO	BENEFICIO INCREMENTAL	COSTO INCREMENTAL	VALOR NETO	RENTABILIDAD
0	-	91485.812	-91485.812	-
1	6088.819	914.858	5173.961	-86311.851
2	6064.499	914.858	5149.641	-81162.210
3	6040.301	914.858	5125.443	-76036.767
4	6016.224	914.858	5101.366	-70935.401
5	5992.268	914.858	5077.409	-65857.992
6	5968.431	914.858	5053.573	-60804.419
7	5944.713	914.858	5029.855	-55774.564

8	5921.114	914.858	5006.256	-50768.308
9	5897.633	914.858	4982.775	-45785.533
10	5874.269	6414.858	-540.589	-46326.122
11	5851.022	914.858	4936.164	-41389.958
12	5827.892	914.858	4913.034	-36476.924
13	5804.877	914.858	4890.019	-31586.906
14	5781.977	914.858	4867.119	-26719.787
15	5759.192	914.858	4844.333	-21875.454
16	5736.520	914.858	4821.662	-17053.792
17	5713.962	914.858	4799.104	-12254.688
18	5691.517	914.858	4776.659	-7478.029
19	5669.184	914.858	4754.325	-2723.704
20	5646.962	914.858	4732.104	2008.400
TASA DE INTERES				10%
TIR				0%
VAN				-50872.511

Anexo M. Estimación de la rentabilidad (0.19 USD/kWh): VAN y TIR, Mall del Río

AÑO	BENEFICIO INCREMENTAL	COSTO INCREMENTAL	VALOR NETO	RENTABILIDAD
0	-	134906.040	-134906.040	-
1	20458.384	1349.060	19109.324	-115796.716
2	20364.364	1349.060	19015.303	-96781.413
3	20270.813	1349.060	18921.753	-77859.660
4	20177.731	1349.060	18828.670	-59030.989
5	20085.113	1349.060	18736.053	-40294.936
6	19992.959	1349.060	18643.899	-21651.037
7	19901.266	1349.060	18552.205	-3098.832
8	19810.031	1349.060	18460.970	15362.138
9	19719.252	1349.060	18370.192	33732.330
10	19628.927	7289.060	12339.867	46072.197
11	19539.054	1349.060	18189.994	64262.190
12	19449.630	1349.060	18100.570	82362.760
13	19360.653	1349.060	18011.593	100374.353
14	19272.121	1349.060	17923.061	118297.414
15	19184.032	1349.060	17834.972	136132.386
16	19096.383	1349.060	17747.323	153879.708
17	19009.173	1349.060	17660.112	171539.821
18	18922.398	1349.060	17573.338	189113.159
19	18836.058	1349.060	17486.997	206600.156
20	18750.149	1349.060	17401.088	224001.244
TASA DE INTERES				10%

TIR	12%
VAN	20408.227

Anexo N. Estimación de la rentabilidad (0.19 USD/kWh): VAN y TIR, Batán Shopping

AÑO	BENEFICIO INCREMENTAL	COSTO INCREMENTAL	VALOR NETO	RENTABILIDAD
0	-	80835.858	-80835.858	-
1	12781.079	808.359	11972.720	-68863.137
2	12723.298	808.359	11914.939	-56948.198
3	12665.806	808.359	11857.447	-45090.751
4	12608.601	808.359	11800.243	-33290.508
5	12551.683	808.359	11743.324	-21547.184
6	12495.049	808.359	11686.690	-9860.493
7	12438.698	808.359	11630.340	1769.846
8	12382.629	808.359	11574.271	13344.117
9	12326.841	808.359	11518.482	24862.599
10	12271.331	6308.359	5962.972	30825.571
11	12216.099	808.359	11407.740	42233.311
12	12161.143	808.359	11352.784	53586.095
13	12106.461	808.359	11298.103	64884.198
14	12052.054	808.359	11243.695	76127.893
15	11997.918	808.359	11189.559	87317.453
16	11944.053	808.359	11135.694	98453.147
17	11890.457	808.359	11082.098	109535.245
18	11837.129	808.359	11028.771	120564.016
19	11784.068	808.359	10975.709	131539.725
20	11731.272	808.359	10922.914	142462.639
TASA DE INTERES				10%
TIR				13%
VAN				15849.73

Anexo O. Estimación de la rentabilidad (0.19 USD/kWh): VAN y TIR, Monay Shopping

AÑO	BENEFICIO INCREMENTAL	COSTO INCREMENTAL	VALOR NETO	RENTABILIDAD
0	-	82188.913	-82188.913	-
1	12835.989	821.889	12014.100	-70174.813
2	12777.933	821.889	11956.044	-58218.769
3	12720.168	821.889	11898.279	-46320.490
4	12662.692	821.889	11840.803	-34479.687
5	12605.503	821.889	11783.614	-22696.074
6	12548.600	821.889	11726.711	-10969.363
7	12491.981	821.889	11670.092	700.729

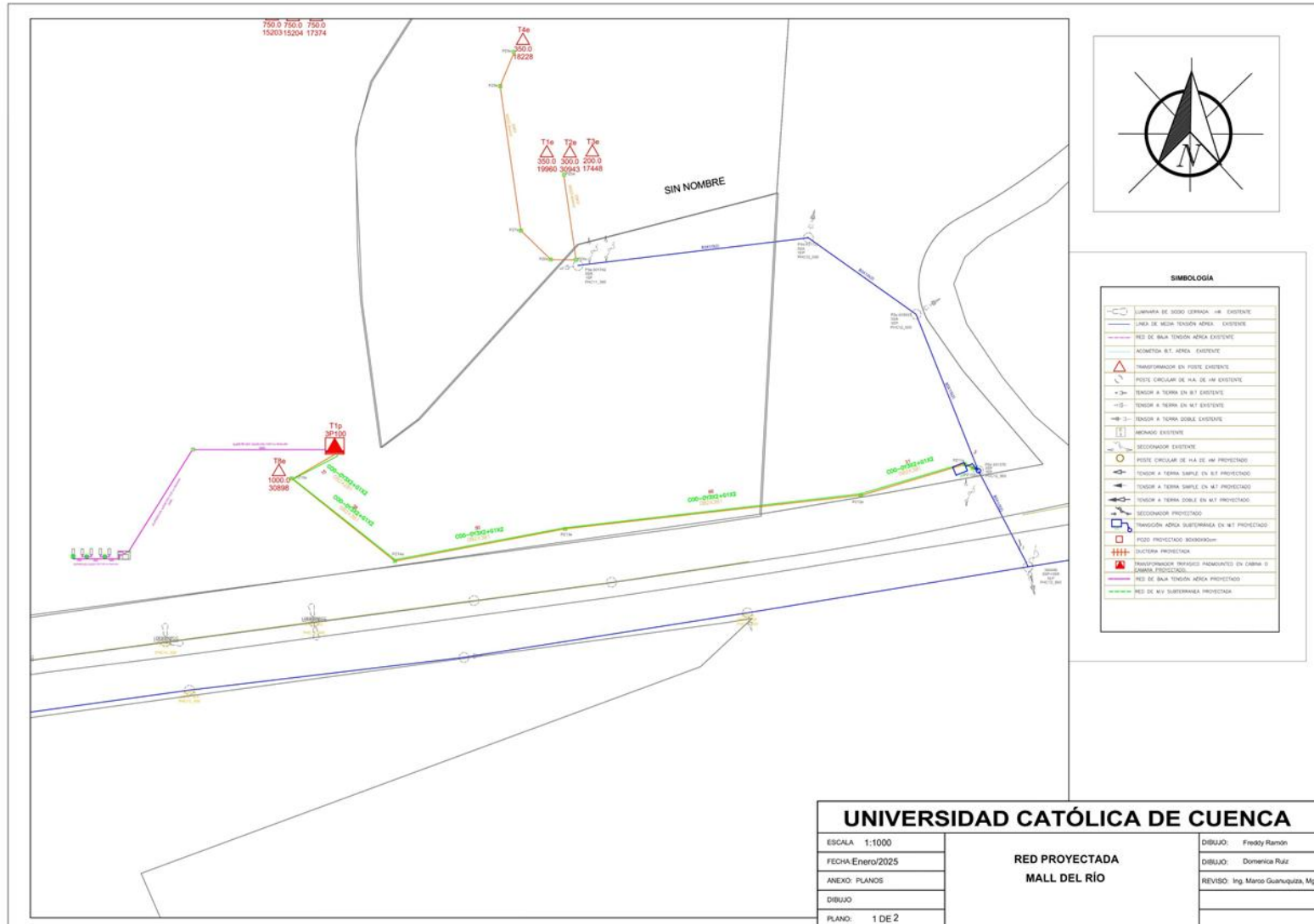
8	12435.646	821.889	11613.757	12314.486
9	12379.592	821.889	11557.703	23872.189
10	12323.819	6321.889	6001.930	29874.119
11	12268.324	821.889	11446.435	41320.554
12	12213.107	821.889	11391.218	52711.772
13	12158.166	821.889	11336.277	64048.048
14	12103.500	821.889	11281.610	75329.659
15	12049.107	821.889	11227.217	86556.876
16	11994.986	821.889	11173.096	97729.973
17	11941.135	821.889	11119.246	108849.219
18	11887.554	821.889	11065.665	119914.884
19	11834.241	821.889	11012.352	130927.235
20	11781.194	821.889	10959.305	141886.540
TASA DE INTERES				10%
TIR				13%
VAN				14834.120

Anexo P. Estimación de la rentabilidad (0.19 USD/kWh): VAN y TIR, Racar Plaza

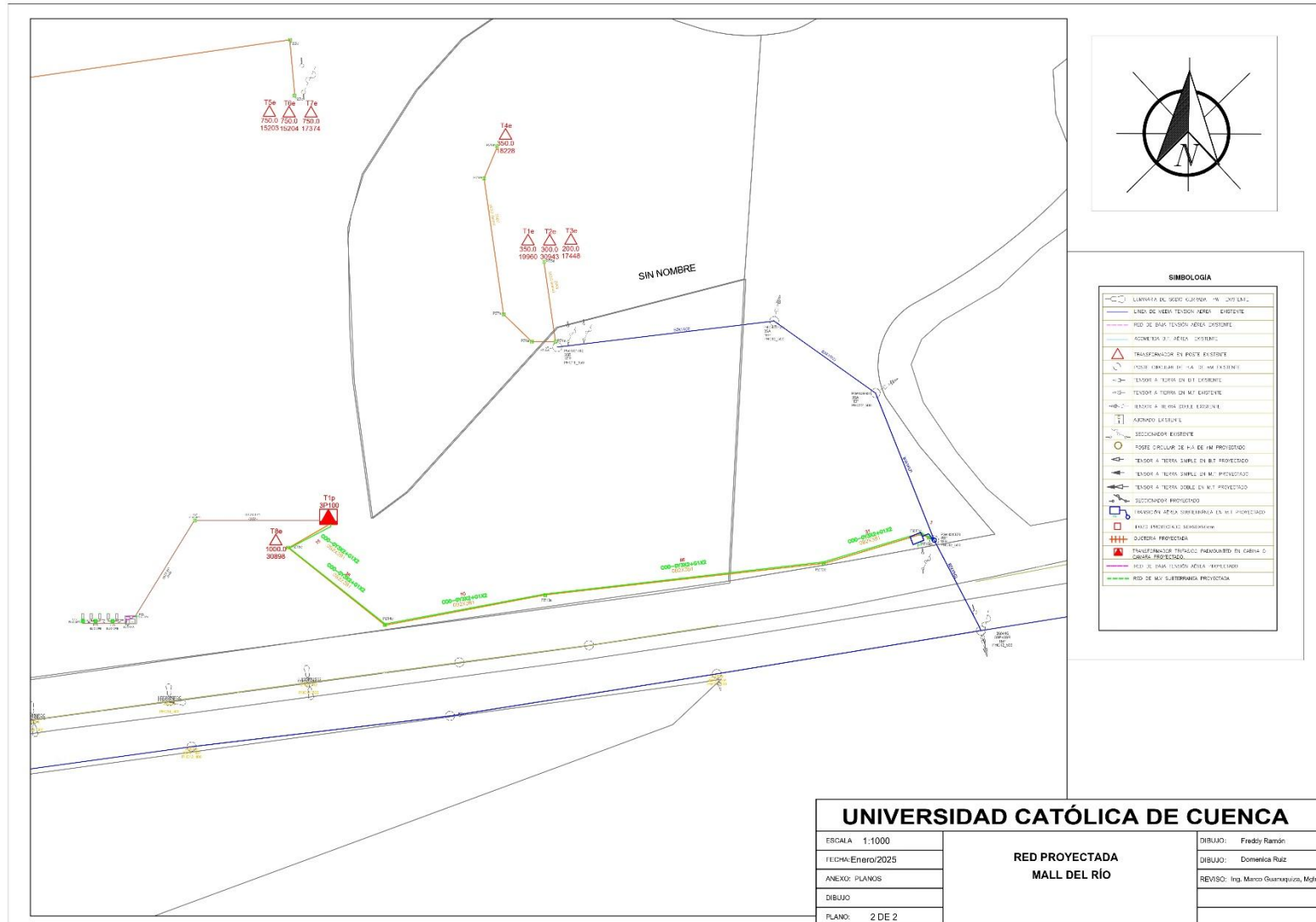
AÑO	BENEFICIO INCREMENTAL	COSTO INCREMENTAL	VALOR NETO	RENTABILIDAD
0	-	91485.812	-91485.812	-
1	12776.709	914.858	11861.851	-79623.961
2	12718.950	914.858	11804.092	-67819.870
3	12661.479	914.858	11746.621	-56073.248
4	12604.297	914.858	11689.438	-44383.810
5	12547.400	914.858	11632.541	-32751.268
6	12490.787	914.858	11575.929	-21175.339
7	12434.458	914.858	11519.600	-9655.740
8	12378.410	914.858	11463.552	1807.812
9	12322.642	914.858	11407.784	13215.596
10	12267.154	6414.858	5852.295	19067.892
11	12211.942	914.858	11297.084	30364.976
12	12157.007	914.858	11242.149	41607.125
13	12102.347	914.858	11187.488	52794.613
14	12047.959	914.858	11133.101	63927.714
15	11993.844	914.858	11078.986	75006.700
16	11939.999	914.858	11025.141	86031.841
17	11886.424	914.858	10971.566	97003.407
18	11833.116	914.858	10918.258	107921.665
19	11780.075	914.858	10865.217	118786.882
20	11727.299	914.858	10812.441	129599.323
TASA DE INTERES				10%

TIR	11%
VAN	4257.067

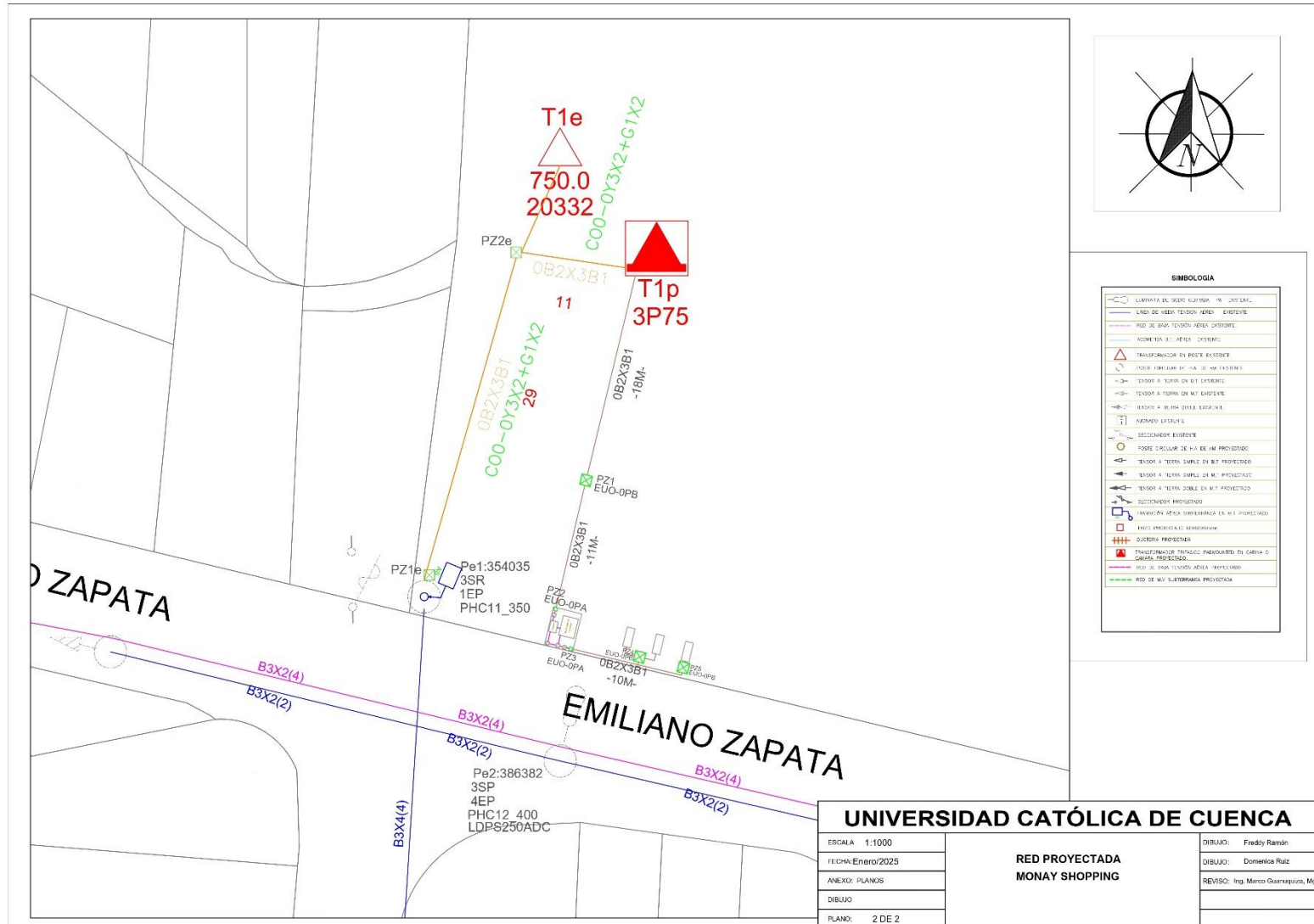
Anexo Q. Red Proyectada, Mall del Río



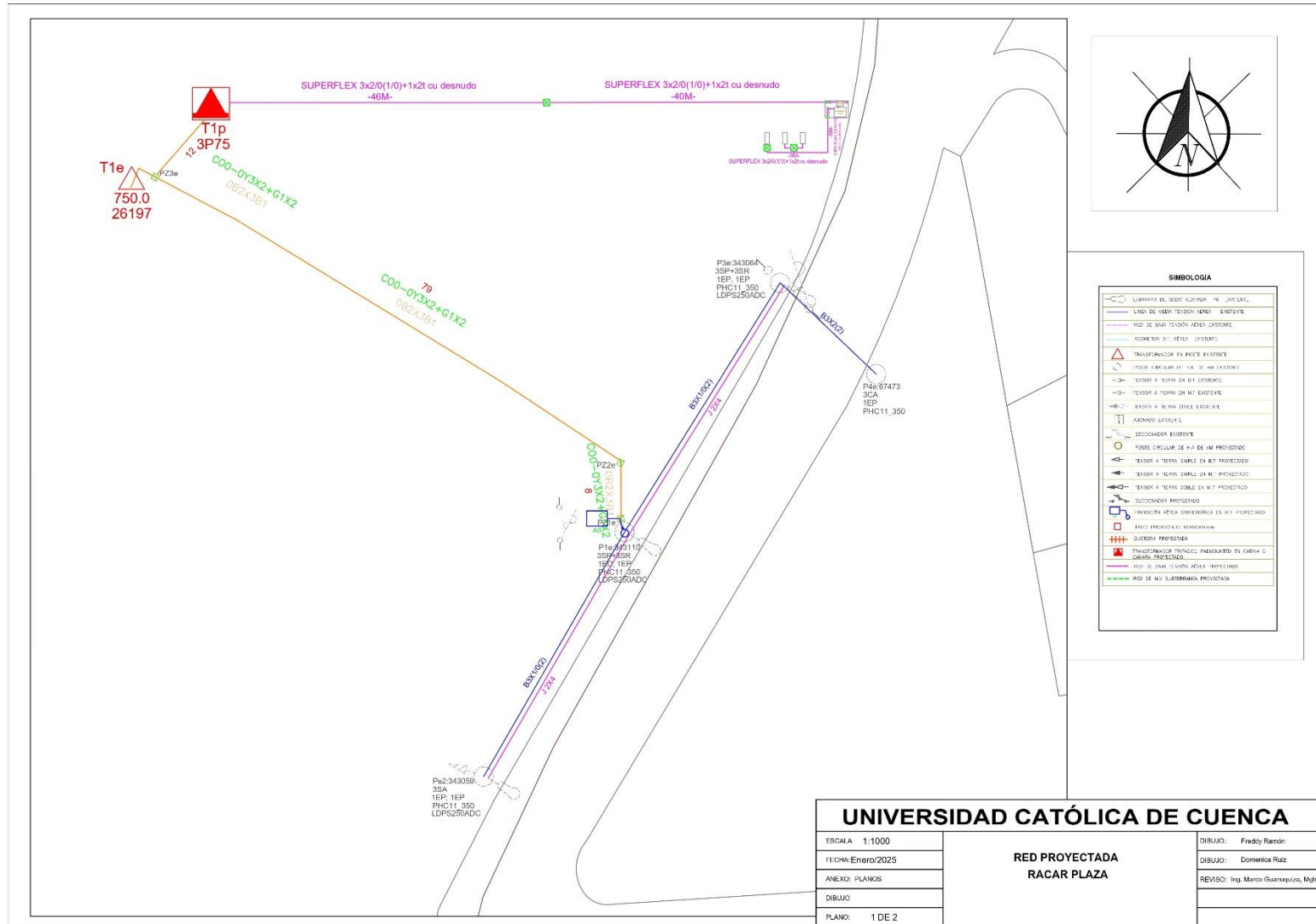
Anexo R. Red Proyectada de Ductos, Mall del Río



Anexo V. Red Proyectada de Ductos, Monay Shopping

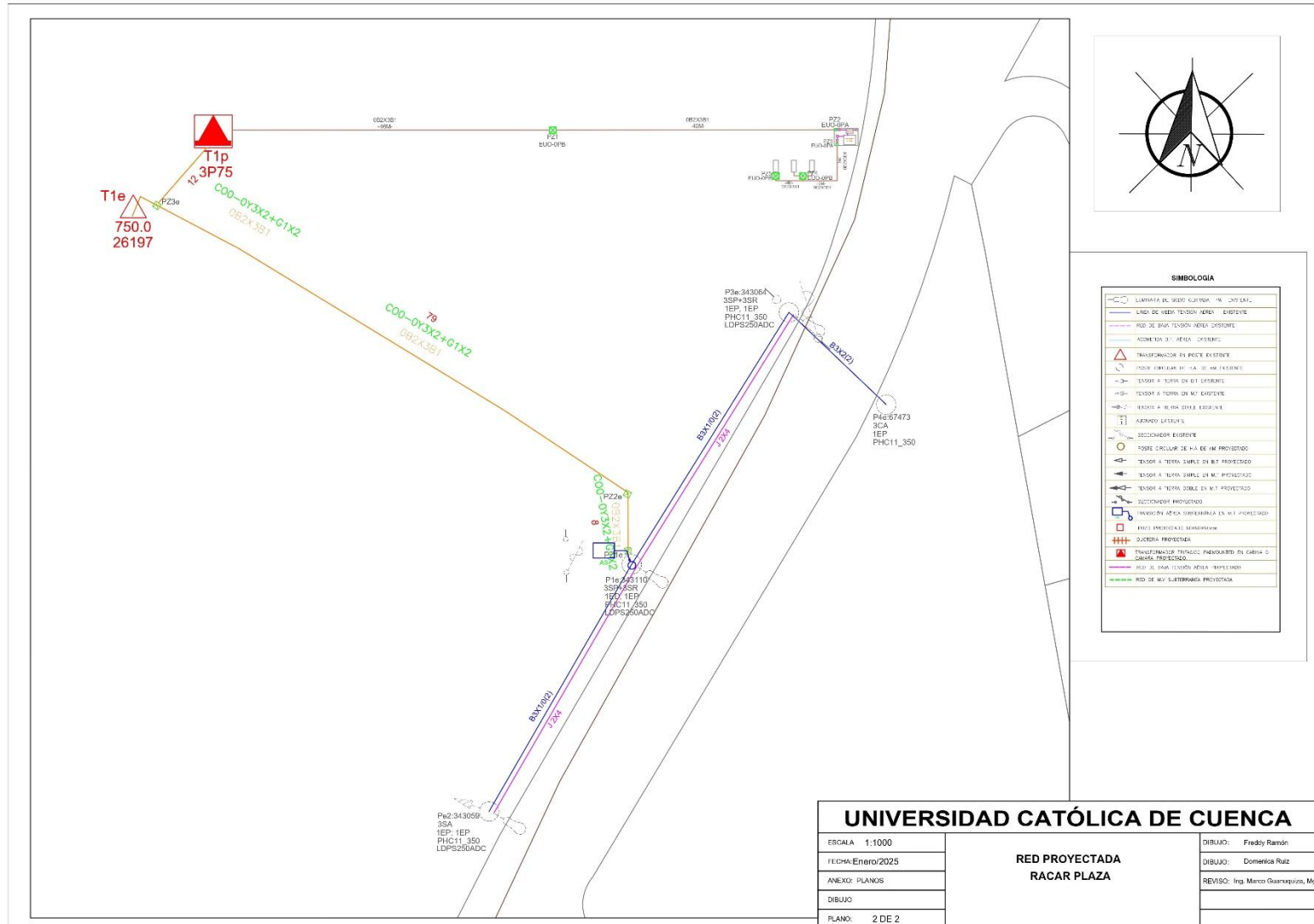


Anexo W. Red Proyectoada, Racar Plaza

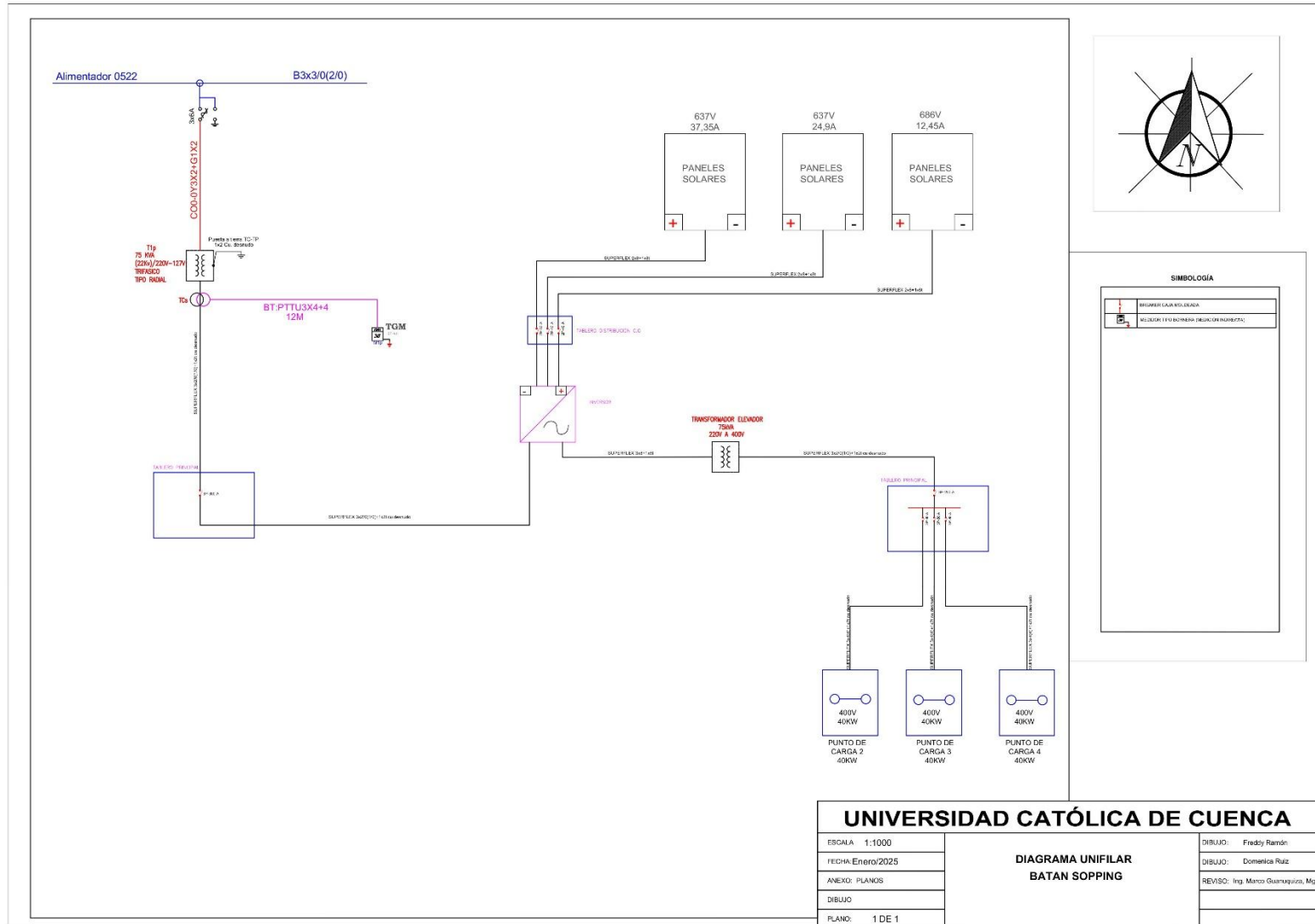


UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA		DIBUJO: Freddy Ramón
ESCALA: 1:1000	RED PROYECTADA RACAR PLAZA	DIBUJO: Doménica Ruiz
FECHA: Enero/2025		REVISO: Ing. Marco Guarnapuro, Mgtr.
ANEXO: PLANOS		
DIBUJO		
PLANO: 1 DE 2		

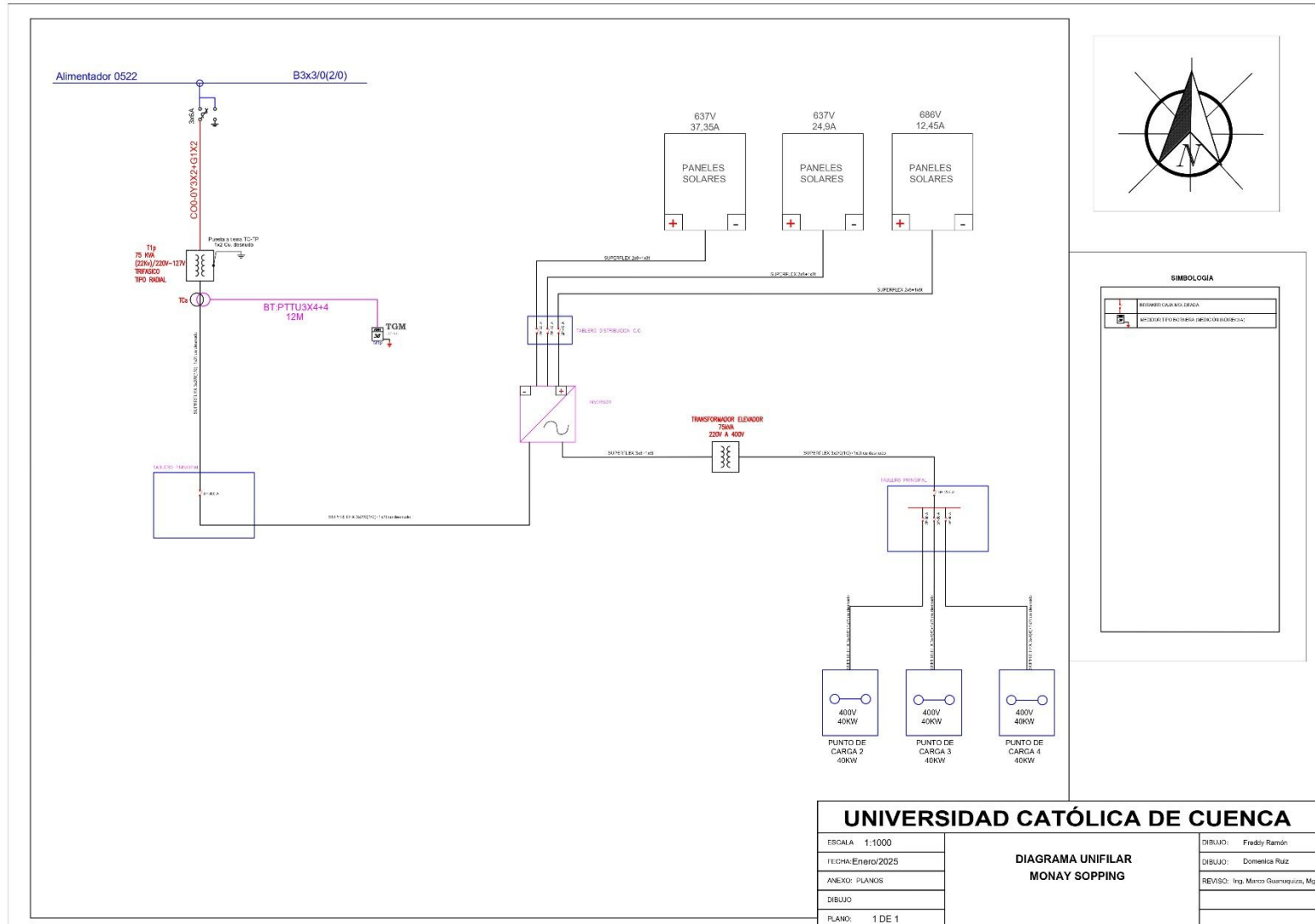
Anexo X. Red Proyectada de Ductos, Racar Plaza



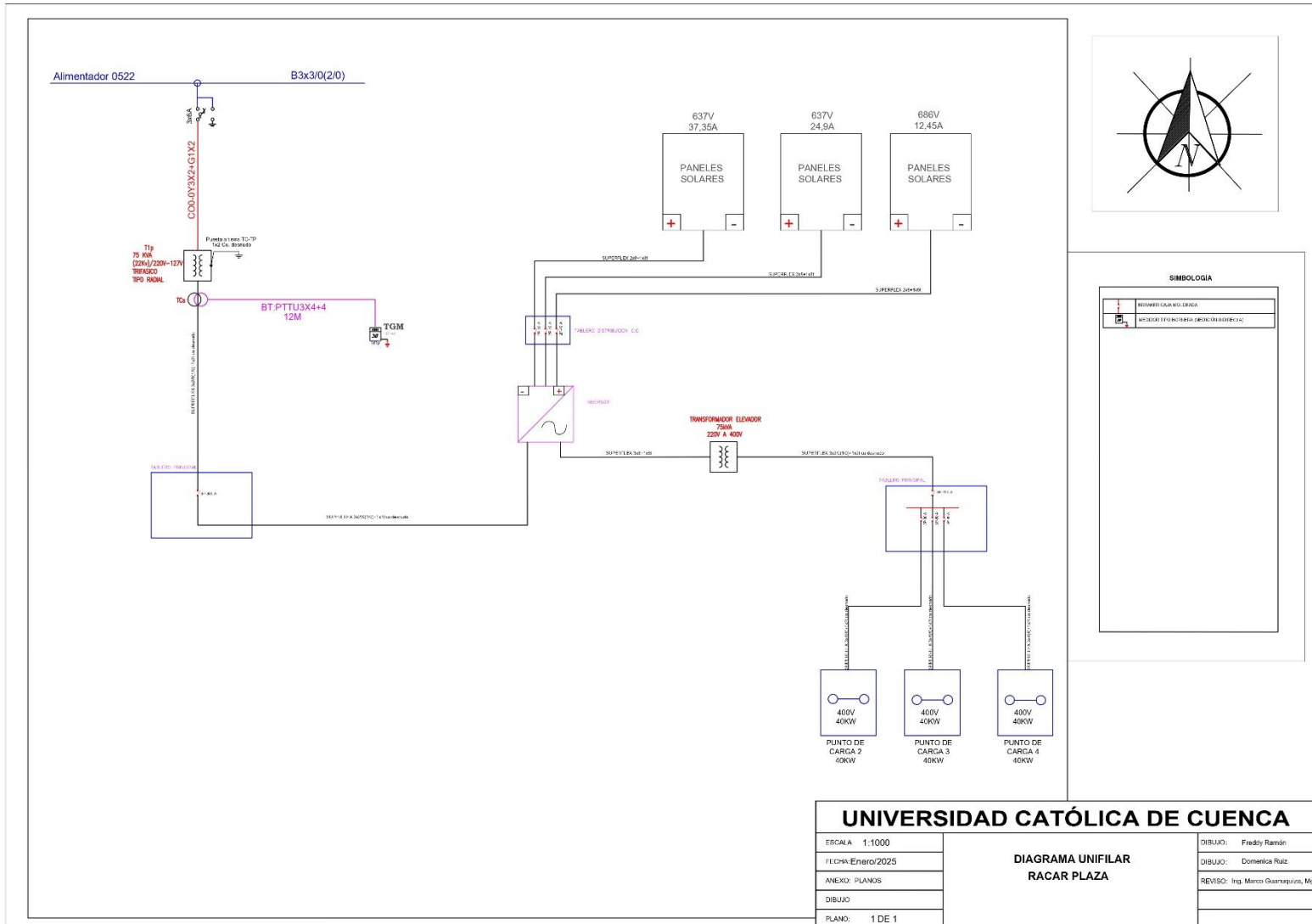
Anexo Y. Diagrama Unifilar Batán Shopping



Anexo Z. Diagrama Unifilar Monay Shopping



Anexo AA. Diagrama Unifilar Racar Plaza



AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Nosotros Freddy Efraín Ramón Carrión y Domenica Solange Ruiz Silva portadores de las cédulas de ciudadanía N° 1400777734 y 0202486361. En calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “Integración de Sistemas Fotovoltaicos Conectados a la Red para Electrolineras en Centros Comerciales de la Ciudad De Cuenca, Ecuador 2024” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconocemos a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizamos a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 01 de abril de 2025



Freddy Efraín Ramón Carrión

1400777734



Domenica Solange Ruiz Silva

0202486361