

**TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**



thyssenkrupp

“Estudio de prefactibilidad para sustitución de flotilla vehicular de motor de combustible fósil a vehículos eléctricos en ThyssenKrupp Elevadores S.A Costa Rica.”

Informe de Práctica Profesional para optar por el título de Ingeniero en Mantenimiento Industrial, con el grado académico de Licenciatura.

Michael Jiménez Garro

Cartago, junio, 2020.

CARTA DE ENTENDIMIENTO

Fecha: 06 de Agosto de 2020

Señores
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Sistema de Bibliotecas del Tecnológico

Yo Michael Jiménez Garro
carné No. 2013085641, si autorizo no autorizo, al Sistema de Bibliotecas del Tecnológico
(SIBITEC), disponer del Trabajo Final de graduación, del cual soy autor, para optar por el grado
de Licenciatura, en la carrera de Ingeniería en Mantenimiento
Industrial, presentado en la fecha 04 de Agosto de 2020, con el título Estudio de
prefactibilidad para sustitución de flotilla vehicular de motor de combustible fósil a vehículos eléctricos en
Thyssenkrupp Elevadores S.A., Costa Rica.

para ser ubicado en el Repositorio Institucional y Catálogo SIBITEC, con el objetivo de ser visualizado a través de la red Internet.

Firma de estudiante:



Correo electrónico:

mijg.1393@gmail.com

Cédula No.:

115530825

Profesor guía

Ing. Carlos Piedra Santamaría

Asesor industrial

Tiago Martins de Lima

Tribunal examinador

Ing. Julio Andrés Morera Hidalgo.

Ing. Rosa María Matarrita Chaves.

Información del estudiante y la empresa.

Nombre: Michael Jiménez Garro

Cédula o No. Pasaporte: 1-1553-0825

Carné TEC: 2013085641

Dirección de su residencia en época lectiva: Agua Caliente, Pitahaya, Urbanización Vázquez de Coronado.

Dirección de su residencia en época no lectiva: Agua Caliente, Pitahaya, Urbanización Vázquez de Coronado.

Números de teléfono: 25536707 / 60063756

Correos electrónicos: mijg.1393@gmail.com / mikejg@estudiantec.cr / michael.jimenezgarro@ucr.ac.cr

Fax: ---

Información del Proyecto:

Nombre del Proyecto: Estudio de prefactibilidad para sustitución de flotilla vehicular de motor de combustible fósil a vehículos eléctricos en ThyssenKrupp Elevadores S.A Costa Rica.

Profesor Asesor: Ing. Carlos Piedra Santamaría.

Horario de trabajo del estudiante: Lunes a Viernes de 8 am a 5 pm.

Información de la Empresa:

Nombre: Thyssenkrupp Elevadores SA

Actividad Principal: Instalación y Mantenimiento de Escaleras eléctricas, rampas y ascensores.

Dirección: Barrio Escalante, 550 m este de la iglesia de Santa Teresita, casa 3355.

Contacto: Yahaira Sanabria

Teléfono: 25240559

Dedicatoria

A mis padres, Lilliana y Francisco, especialmente a mi madre que ha sido el pilar que nos sostiene entre tantas adversidades.

A mis hermanos, Kevin y Sebastián, que siempre han estado para apoyarme en los momentos difíciles y animarme.

A Dessire, sin duda, no habría llegado hasta esta instancia sin su compañía y motivación.

A mis amigos y compañeros, que son muchos y se me hace la lista enorme. Sin sus enseñanzas y carisma, no hubiera sido un viaje tan ameno.

A mis profesores y tutores en el TEC y la UCR, que han sido parte de la inspiración para este trabajo. Especialmente al profesor Ing. Carlos Piedra por confiarme su guía y conocimientos para la elaboración de este proyecto.

Y a todos los que han sido y los que son parte de este proceso.

Agradecimientos

A mi familia, por darme su amor incondicional y apoyo en cada decisión académica y laboral que he tomado.

A mis amigos y compañeros, porque gracias a que han tendido su mano en tiempos difíciles y en las alegrías también, gracias a ellos aquí estamos.

A mi guía del proyecto, el profesor Ing. Carlos Piedra, por motivarme en los cursos que llevé con él a pensar diferente y querer hacer obras de impacto.

A María y Raúl en Thyssenkrupp cuando entré, por darme la oportunidad de desarrollarme en la empresa como técnico y darme espacio para hacer la práctica. Y a Josué y Yahaira, que me tendieron la mano en el proceso posterior.

A los profesores que han sido parte de este proceso de formación y crecimiento.

Resumen

Se plantea el estudio de prefactibilidad técnico y financiero para el cambio de la flota vehicular actual de acuerdo con los planes gubernamentales para reducir las emisiones de carbono a nivel país. Se analizan las características técnicas de la flota en gastos por pertenencia, la huella de carbono, y un estudio sobre los centros de carga pertinentes para el funcionamiento de esta y el ciclo de vida de útil. Los objetivos planteados sobre el estudio financiero contemplan los indicadores TIR, VAN, ROI, ROA, sobre los centros de carga la viabilidad de instalar estos sistemas en las oficinas de la empresa. Sobre la huella de carbono, se analiza el impacto financiero que tiene la autonomía de los vehículos contemplando 200 km como parámetro de referencia, los costos de mantenimiento, la eficiencia energética y emisiones de carbono. El objetivo sobre el ciclo de vida se centra en la etapa de uso de los vehículos para determinar su impacto en el negocio. De esta forma, se encuentra que los indicadores analizados dan un resultado positivo por lo que se puede ejecutar el proyecto, gracias a las ganancias que se reporten adjudicadas al uso de los vehículos, no obstante, desde el punto de vista del costo total de posesión se ve que no se generan ahorros si no se recorren largas distancias anuales por lo que la inversión no representa una ganancia más que de impacto ambiental. Para los centros de carga se encuentran mapas locales donde recargar los vehículos a nivel de la GAM para mantener la disponibilidad del negocio y se recomienda un modelo de carga básica de la marca ELCO debido a su precio y que cumple con los requerimientos técnicos necesarios. Mientras, que el análisis de ciclo de vida muestra resultados prometedores en materia de reducción de la huella de carbono y que sí existe una reducción en los gastos incurridos por usar electricidad en lugar de gasolina debido a los costos del mercado. De esta forma, se concluye que, de acuerdo al estudio técnico y ambiental efectuado no es completamente viable la adquisición de los vehículos bajo las condiciones de operación regulares de la flota de la empresa, debido a que no produce ahorros significativos a nivel financiero y solo a nivel ambiental. Por lo tanto, se recomienda esperar un periodo de al menos 5 años, para que la tecnología de baterías de vehículos eléctricos madure y su adquisición produzca no solo impacto ambiental sino también financiero.

Palabras clave: Indicadores financieros, huella de carbono, costo total de posesión, ciclo de vida útil, centros de carga.

Abstract

The technical and financial prefeasibility study for the change of the current vehicle fleet is proposed in accordance with the governmental plans to reduce carbon emissions at country level. The technical characteristics of the current fleet are analyzed in terms of the cost of ownership, the carbon footprint, and a study on the relevant charging centers for its optimal operation and the life cycle analysis. The objectives set out in the financial study contemplate the TIR, VAN, ROI, ROA indicators, about the charging centers, the feasibility study is shown about installing these systems in the company's offices. On the carbon footprint, the financial impact of vehicle autonomy is analyzed, considering 200 km as a reference, maintenance costs, energy efficiency and carbon emissions. The life cycle objective focuses on the stage of vehicle use to determine their impact on the business. Therefore, it is found that the analyzed indicators give a positive result so that the project can be executed, due to the reported profits attributed to the use of the vehicles, however, from the point of view of the total cost of ownership It remarkable that savings are not generated if the current fleet do not travel long annual distances, so the investment does not represent a gain other than environmental impact. For the charging centers there are local maps where to recharge the vehicles at the GAM level to maintain business availability and a basic loading model of the ELCO brand is recommended due to its price and that it meets the necessary technical requirements. Meanwhile, the life cycle analysis shows promising results in terms of reducing the carbon footprint and that there is a reduction in the expenses incurred by using electricity instead of gasoline due to market costs. In this way, it is concluded that, according to the technical and environmental study carried out, the acquisition of vehicles is not completely viable under the regular operating conditions of the company's fleet, since it does not produce significant savings at a financial level and only at the environmental level. Therefore, it is recommended to wait a period of at least 5 years, so that the batteries technology of electric vehicle evolves and their acquisition produces not only an environmental but also a financial impact.

Keywords: Financial indicators, carbon footprint, total cost of ownership, life cycle, charging centers.

Índice de contenido.

CAPITULO 1	1
1.1 Conocimiento de la Organización	2
1.1.1 Reseña de la empresa:	2
1.2 Antecedentes	3
1.2.1 Ventas	3
1.2.2. Ciclo de Vida útil.....	5
1.2.3 Comparación energética entre VCI y VE.....	5
1.2.4. Impacto a la red eléctrica y centros de carga.	7
1.2.5. Huella de carbono de los VCI y los VE.	8
1.2.6. En el marco legal.	10
1.3 Planteamiento del problema	11
1.3.1 Objetivo General	11
1.3.2 Objetivos específicos	11
1.4 Preguntas de investigación	12
1.5 Justificación	13
1.6 Viabilidad	14
1.7 Alcance	15
1.8 Limitaciones	15
1.9 Metodología	16
1.10 Plan de trabajo	20
CAPITULO 2	21
2.1 Estudio financiero	21
2.1.1 Estudio de prefactibilidad.....	21
2.1.2 Análisis Financiero para toma de decisiones.....	21
2.1.3 Valor Actual Neto (VAN).....	22
2.1.4. Tasa interna de retorno (TIR).	23
2.1.5 Retorno en activos (ROA).....	24
2.1.5 Retorno en inversión (ROI).....	25
2.1.5 Flujos de efectivo / Flujos de caja.....	25
2.1.5 Periodo de recuperación (PR).....	25
2.1.5 Costo anual equivalente (CAE).....	26
2.1.5 Arrendamiento (Leasing).....	26
2.1.6 Estadística descriptiva.....	27
2.2 Vehículos eléctricos y vehículos de motor de combustión interna	27
2.2.2 Corriente, tensión y potencia eléctrica.....	29

2.2.1 Motor eléctrico.	29
2.2.2 Baterías.	30
2.2.3 Cargadores y centros de carga.	31
2.2.4 Tipos de vehículos eléctricos existentes.	33
2.2.5 Combustibles fósiles y combustión de hidrocarburos.	35
2.2.6 Ciclos de Otto, Diesel y Sabathé.	35
2.2.7 Poder calórico de un combustible.	37
2.2.8 Motor de combustión interna.	37
2.3 Marco legal.	38
2.3.1 Plan Nacional de Desarrollo y de inversión pública del bicentenario 2019-2022.	38
2.3.2 NEC 2014.	39
2.3.3 Incentivo y Promoción para el Transporte Eléctrico.	39
2.3.4. Plan Nacional de Transporte Eléctrico 2018-2030.	39
2.3.4. Protocolo de Kioto.	40
2.3.4. Acuerdo de París.	40
2.3.4. Objetivos del desarrollo sostenible.	40
2.4 Impacto ambiental.	41
2.4.1 Cambio climático.	41
2.4.2 Emisiones antropogénicas.	42
2.4.3 Gases de efecto invernadero.	43
2.4.4 Factores de emisión de gases de efecto invernadero.	43
2.4.5 Inventario de emisiones.	46
2.5 Temas sobre Mantenimiento Industrial.	46
2.5.1 Análisis del ciclo de vida útil.	46
CAPÍTULO 3.	50
3.0.1 Estudio de la flota actual.	50
3.0.2. Rutas de los vehículos.	51
3.0.3. Costos de la gasolina regular y plus.	52
3.0.4. Distribuidores de centros de carga.	52
3.0.5. Costos y consumos de la electricidad residencial y comercial.	54
3.0.6. Vehículos disponibles en el mercado.	56
3.0.7 Características técnicas de los VE disponibles.	57
3.0.8 Costos aproximados de mantenimiento para los VE y VCI.	58
3.1 Sobre el marco legal pertinente.	59
3.2. Estudio financiero sobre la sustitución de VCI a VE.	66
3.2.0.1. Costos fijos.	66
3.2.1. Compra de los vehículos con dinero de la empresa.	68

3.2.2. Adquisición de los vehículos mediante arrendamiento (leasing).....	72
3.3. Estudio de la huella de carbono de las alternativas sobre las finanzas.	76
3.3.1. Cálculo de la huella de carbono para la flota actual.....	76
3.3.2. Cálculo de la huella de carbono para la flota de vehículos eléctricos.....	78
3.4. Propuestas sobre los centros de carga para los VE.....	80
3.4.1. En oficinas.	80
3.4.2. En casa residencial.....	81
3.4.3. Ubicación de centros de carga a lo largo del país.	82
3.5. Estudio sobre el ciclo de vida útil de los vehículos.....	83
3.5.1. Diseño	83
3.5.2. Uso	84
3.5.3 Proceso de reciclaje y reutilización.	93
3.6. Análisis de resultados.	94
3.6.1. Comparación general.....	94
3.6.2 Arrendamiento (Leasing).....	95
3.6.3. Estudio financiero.....	96
3.6.4. Huella de carbono.....	99
CAPÍTULO 4.	101
4.1. Conclusiones.	101
Objetivo específico 1. Sobre estudio financiero	101
Objetivo específico 2. Sobre impacto de la huella de carbono.....	101
Objetivo específico 3. Sobre centros de carga.....	102
Objetivo específico 4. Sobre ciclo de vida útil.....	102
4.2. Recomendaciones.....	103
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
Apéndices.....	109
Anexos	111
Suzuki Swift 2017	111
Suzuki Panel 2017	112
ByD e1	113
ByD T3.....	114
Ruta 1.....	115
Ruta 2.....	115
Ruta 3.....	116
Ruta 4.....	116
Ruta 5.....	116
Ruta 6.....	117

Ruta 7.....	117
Ruta 8.....	117
Ruta 9.....	118
Ruta 10.....	118
Ruta 11.....	119
Ruta 12.....	119
Ruta 13.....	120
Ruta 14.....	120
Ruta 15.....	121
Ruta 16.....	121
Ruta 17.....	121
Ruta 18.....	122
Ruta 19.....	122
Ruta 20.....	122

Índice de Figuras.

Figura 1. Tendencias de ventas de autos eléctricos en el mundo.....	3
Figura 2. Cantidad de vehículos eléctricos en Costa Rica según año.....	4
Figura 3. Uso de combustible diferenciado por tipo de vehículo en términos de GEG anuales.....	7
Figura 4. Contribución porcentual de las emisiones de CO ₂ , por tipo de vehículo en Costa Rica. 2010	10
Figura 5. Diagrama de la desviación entre la realidad y el debiera ser en el uso de autos eléctricos en contraposición con los autos de gasolina y diesel.....	11
Figura 6. Diagrama tipo Gantt para elaboración propuesta del proyecto para el primer semestre de 2020.....	20
Figura 7. Diversidad de sistemas de propulsión eléctricos en comparación con sistemas de propulsión convencionales.....	33
Figura 8. Principio físico del motor de combustión interna.....	38
Figura 9. Curva del ciclo de vida de un equipo.	46
Figura 10. Curva de costos de vida de un equipo.	47
Figura 11. Marco metodológico del análisis de ciclo de vida.....	48
Figura 12. Diagrama de ciclo de vida de vehículos.....	49
Figura 13. Precio anual promedio de gasolina. Costa Rica- Años 2015 a 2020.	52
Figura 14. Consumo promedio de electricidad en Costa Rica. Residencial e Industrial.	54
Figura 15. Consumo anual de energía del sector transporte comparado con el total.	54
Figura 16. Precio promedio de la electricidad en tarifas residencial y media tensión en JASEC y CNFL.....	55
Figura 17. Valores promedio de kgCO ₂ por litro de combustible emitido por la flota actual. Costa Rica 2019-2020	77
Figura 18. Comparación de emisión de CO ₂ entre tipos de vehículos estudiados.	78
Figura 19. Comparación de energía total empleada en la fabricación de VCI y VE.....	79
Figura 20. Consumos energéticos por cada 100 km recorridos para VCI y VE.....	79

Figura 21. Ubicación de centros de carga según ConectaEV.	82
Figura 22. Ubicación de centros de carga según PlugShare.	83
Figura 23. Comparación de la eficiencia entre VCI y VE en el sistema de propulsión.	84
Figura 24. Diagrama de flujo de energía comparativo en VE y VCI.	85
Figura 25. Impacto del tipo de fuente de energía eléctrica en la huella de carbono según la etapa del ciclo de vida.	85
Figura 26. Análisis de punto de equilibrio de impacto ambiental entre VE y VCI.	86
Figura 27. Coste total comparativo de posesión para 10000 km anuales por un período de 10 años. Sedán.	87
Figura 28. Proyección anual de los costos de operación de los vehículos estudiados. Sedán.	87
Figura 29. Coste total comparativo de posesión para 10000 km anuales por un período de 10 años. Van.	88
Figura 30. Proyección anual de los costos de operación de los vehículos estudiados. Van.	88
Figura 31. Comparación de valores del indicador VAN en dólares para los casos de estudio.	97
Figura 32. Comparación de los valores del indicador TIR para los casos de estudio.	97
Figura 33. Cambio en el consumo energético, kgCO ₂ y costos de mantenimiento para las alternativas de VE y VCI. Sedán.	100
Figura 34. Cambio en el consumo energético, kgCO ₂ y costos de mantenimiento para las alternativas de VE y VCI. Van.	100
Figura 35. Ruta TKE- Multiplaza Escazú.	115
Figura 36. Ruta TKE – Lincoln Plaza.	115
Figura 37. Ruta TKE - Pricemart Santa Ana.	116
Figura 38. Ruta TKE - Pricemart Tres Ríos.	116
Figura 39. Ruta TKE - Condominio Calle Margarita.	116
Figura 40. Ruta TKE - EBC.	117
Figura 41. Ruta TKE - IMN.	117
Figura 42. Ruta TKE - Hospital Max Peralta.	117
Figura 43. Ruta TKE - Marina Pez Vela.	118
Figura 44. Mall San Pedro.	118
Figura 45. Ruta TKE - Condominio 101 Escalante.	119
Figura 46. Ruta TKE - Grupo Plaza Roble.	119
Figura 47. Ruta TKE-Edificio Sigma.	120
Figura 48. Ruta TKE - Condominio Bambú Eco Urbano.	120
Figura 49. Ruta TKE - Cortijo Los Laureles.	121
Figura 50. Ruta TKE - INS.	121
Figura 51. Ruta TKE - Combai Mercado Urbano.	121
Figura 52. Ruta TKE – Parque empresarial del este.	122
Figura 53. Ruta TKE - Bimbo.	122
Figura 54. Ruta TKE - Báxter.	123

Índice de Tablas.

Tabla 1. Datos de galones de gasolina equivalentes y sus conversiones en diferentes unidades.....	5
Tabla 2. Continuación. Datos de galones de gasolina equivalentes y sus conversiones en diferentes unidades	6
Tabla 3. Infraestructura de carga para vehículos eléctricos.	8
Tabla 4. Comparación de aspectos técnicos de vehículos con motor de combustión contra los de funcionamiento eléctrico.....	9
Tabla 5. Metodología propuesta para cumplir con los objetivos del proyecto.	16
Tabla 6. Tipos de recarga SAE J1772.....	32
Tabla 7. Tipos de recarga IEC 61851-1	32
Tabla 8. Poder calórico de distintos combustibles fósiles de uso en Costa Rica. Año 2018	37
Tabla 9. Emisión de gases en el sector energía en Costa Rica. Año 2015	44
Tabla 10. Emisión de gases en la industria de la energía. Costa Rica. Año 2015.....	44
Tabla 11. Factores de emisión de dióxido de carbono en el sector de energía. Costa Rica. 2019	44
Tabla 12. Principales fuentes de emisión de gases de efecto invernadero para Costa Rica de acuerdo al análisis de tendencias. Año 2019	45
Tabla 13. Factores de emisión de GEI para el área de la electricidad en el país.	45
Tabla 14. Especificaciones técnicas de los vehículos actuales.	50
Tabla 15. Especificaciones técnicas de los motores de los vehículos actuales.	50
Tabla 16. Rutas de la flotilla de la empresa.	51
Tabla 17. Proveedores de cargadores de VE.....	52
Tabla 18. Continuación. Proveedores de cargadores de VE.	53
Tabla 19. Lista actualizada de vehículos eléctricos en Costa Rica hasta marzo 2020.	56
Tabla 20. Características técnicas de los vehículos seleccionados para reemplazar la flota actual.	57
Tabla 21. Características sobre vida del vehículo y sus componentes para los VE estudiados para reemplazo.....	58
Tabla 22. Costos de servicios de mantenimiento para VCI.	58
Tabla 23. Montos de exoneración para impuestos sobre VE.	61
Tabla 24. Valor en colones de impuestos a vehículos de acuerdo a su valor fiscal.	67
Tabla 25. Resultados del análisis financiero de adquirir 4 vehículos eléctricos. (Con depreciación) ..	68
Tabla 26. Resultados del análisis financiero de adquirir 4 vehículos eléctricos. (Sin depreciación)....	68
Tabla 27. Valoración de indicadores ROI y ROA en período anual para caso 1.....	68
Tabla 28. Resultados del análisis financiero de adquirir 1 sedán y una van. (Con depreciación)	69
Tabla 29. Resultados del análisis financiero de adquirir 1 sedán y una van. (Sin depreciación).....	69
Tabla 30. Valoración de indicadores ROI y ROA en período anual para caso 2.....	69
Tabla 31. Resultados del análisis financiero de adquirir 1 sedán. (Con depreciación).....	70
Tabla 32. Resultados del análisis financiero de adquirir 1 sedán. (Sin depreciación)	70
Tabla 33. Valoración de indicadores ROI y ROA en período anual para caso 3.....	70
Tabla 34. Resultados del análisis financiero de adquirir 1 van. (Con depreciación)	71
Tabla 35. Resultados del análisis financiero de adquirir 1 van. (Sin depreciación)	71
Tabla 36. Valoración de indicadores ROI y ROA en período anual para caso 4.....	71
Tabla 37. Resultados del análisis financiero de adquirir 4 VEs con leasing (Con depreciación)	72
Tabla 38. Resultados del análisis financiero de adquirir 4 VEs con leasing (Sin depreciación)	72
Tabla 39. Valoración de indicadores ROI y ROA en periodo anual para caso 4 con Leasing	72

Tabla 40. Resultados del análisis financiero de adquirir 1 van y 1 sedan con leasing (Con depreciación).....	73
Tabla 41. Resultados del análisis financiero de adquirir 1 van y 1 sedan con leasing (Sin depreciación)	73
Tabla 42. Valoración de indicadores ROI y ROA en período anual para caso 4 con Leasing	73
Tabla 43. Resultados del análisis financiero de adquirir 1 sedan con leasing (Con depreciación).....	74
Tabla 44. Resultados del análisis financiero de adquirir 1 sedan con leasing (Sin depreciación)	74
Tabla 45. Valoración de indicadores ROI y ROA en período anual para caso 4 con Leasing	74
Tabla 46. Resultados del análisis financiero de adquirir 1 van con leasing (Con depreciación)	75
Tabla 47. Resultados del análisis financiero de adquirir 1 van con leasing (Sin depreciación)	75
Tabla 48. Valoración de indicadores ROI y ROA en período anual para caso 4 con Leasing	75
Tabla 49. Consumo de litros de combustible y lubricantes consumidos mensualmente por la flota actual.....	76
Tabla 50. kgCO ₂ / litro de combustible fósil, mensuales emitidos por los vehículos de la empresa.	77
Tabla 51. Características técnicas del centro de carga seleccionado.	80
Tabla 52. Costo comparativo total de propiedad para distintas distancias en 10 años (Colones). Sedán	89
Tabla 53. Proyección de costos anuales (Colones). Sedán	89
Tabla 54. Costo comparativo total de propiedad para distintas distancias en 10 años (Colones). Van	90
Tabla 55. Proyección de costos anuales (Colones). Sedán	90
Tabla 56. Plan de mantenimiento para VCI.....	91
Tabla 57. Plan de mantenimiento para VE	92
Tabla 58. Lista de ventajas y desventajas encontradas en los vehículos eléctricos.	94
Tabla 59. Tabla comparativa de ventajas y desventajas de adquirir servicio de arrendamiento.....	95
Tabla 60. Resumen de indicadores obtenidos en el estudio financiero. (VAN y TIR)	96
Tabla 61. Resumen de indicadores obtenidos en el estudio financiero. (ROI y ROA)	96

Acrónimos.

ARESEP: Autoridad Reguladora de Servicios Públicos.

ASOMOVE: Asociación Costarricense de Movilidad Eléctrica.

CO₂: Dióxido de carbono

EPERLab: Laboratorio de Investigación de Potencia y Energía. (UCR)

IMN: Instituto Meteorológico Nacional.

INA: Instituto Nacional de Aprendizaje.

INTECO: Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica.

MINAE: Ministerio de Ambiente y Energía.

MOPT: Ministerio de Obras Públicas y Transporte.

PNTE: Plan Nacional de Transporte Eléctrico

PNUMA: Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

VCI: Vehículo de combustión interna.

VE: Vehículo eléctrico.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

El uso de tecnologías amigables con el ambiente y la gestión de la energía para generar ahorros, se han vuelto de vital importancia para el desarrollo del país. Por lo que empezar a enfatizar en estos temas, se convierte en prioridad para los estudios universitarios actuales por lo que se busca empezar a generar conocimiento útil y ordenado con la finalidad de promover e incentivar la investigación y desarrollo en las áreas que involucren reducir la huella de carbono en el ambiente, así como la promoción de tecnologías eléctricas sustentables en vehículos no solo de privados, sino también, de uso público.

Centrando la atención a los vehículos eléctricos, se quiere no solo entender su funcionamiento, también su impacto en el medio ambiente y cómo se comporta en comparación con un medio de transporte que utilice combustibles fósiles. Con esto se pretende recopilar información para que futuras investigaciones den los pasos posteriores para generar conocimiento y posiblemente, desarrollar tecnología. A nivel profesional, la motivación va dada no solo a aspirar a la obtención de un criterio experto, sino también generar un impacto positivo no solo en el medio ambiente sino, en las finanzas de las empresas privadas interesadas en cambiar su flota de vehículos a la alternativa eléctrica para poder adecuarse a los cambios que vienen exigiendo los planes de desarrollo nacional.

Para poder aspirar a cumplir con dicha iniciativa, se utiliza un acercamiento mediante el método cuantitativo. “Usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.” (Hernández Sampieri, Fernández, & Pilar, 2010). Bajo esta definición, se rige el método escogido que evaluará una población de 4 vehículos de transporte privado de la empresa. Con esto, se pretende analizar la viabilidad actual en Costa Rica de adquirir vehículos eléctricos para utilizar de forma regular y las implicaciones que esto conlleva en instalaciones

eléctricas para abastecer su carga, su eficiencia en la carretera y posibles ahorros contra los gastos y el impacto ambiental de los vehículos de combustión.

1.1 Conocimiento de la Organización.

1.1.1 Reseña de la empresa:

ThyssenKrupp Elevadores fue fundada el 4 de febrero de 1945, bajo la denominación Elevadores Sûr SA Industria y Comercio. En septiembre de 1999, el grupo alemán ThyssenKrupp adquirió el control accionario de Elevadores Sûr. A partir de ahí, la empresa pasó a llamarse Thyssen Sûr Elevadores y Tecnología. En abril de 2002, la empresa cambió nuevamente su nombre, para ThyssenKrupp Elevadores SA.

Thyssenkrupp Elevadores es una empresa proveniente del conglomerado Grupo thyssenkrupp holding con sede en Alemania. El grupo anteriormente mencionado, es uno de los líderes mundiales en el segmento de ascensores, rampas y escaleras eléctricas. Su producción es descentralizada con fábricas en Europa, Asia y América del Sur.

Busca ofrecer buenos servicios y productos de calidad para buscar la satisfacción total, además de revertir en resultados positivos para clientes, proveedores y empleados.

La oficina regional de Costa Rica, se ubica Barrio Escalante, 550 metros Este de la iglesia de Santa Teresita, casa 3355.

1.2 Antecedentes.

1.2.1 Ventas

Alrededor del mundo, existen muchos estudios técnicos pertinentes sobre el impacto económico y ambiental que genera la conversión de la flota de vehículos de motor de combustión interna a eléctrico. Aquí, como menciona (International Energy Agency, 2019) la flota vehicular mundial de vehículos eléctricos excedió los 5,1 millones de vehículos para 2018, superando en 2 millones la cantidad registrada en 2017. Lo que deja entrever que existe una tendencia en el aumento de adquisición de estas tecnologías. Lo cual se aprecia en la Figura 1 a continuación.

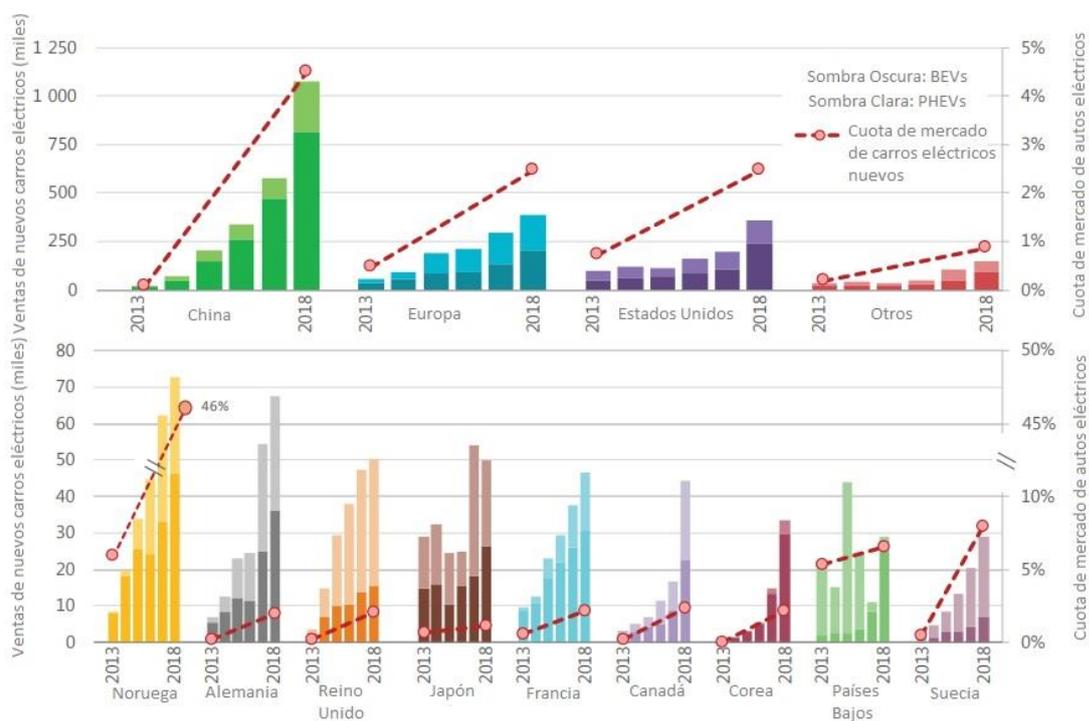


Figura 1. Tendencias de ventas de autos eléctricos en el mundo.

Fuente: Traducción con datos de (International Energy Agency, 2019)

Bajo este concepto, según aporta (Lutsey & Nicholas, 2019), los principales compradores de estos vehículos son China y Estados Unidos, y los fabricantes, proyectan mayores ventas

conforme avancen los años con proyecciones vistas hasta 2030. Esto, influenciado por la baja en los precios de los paquetes de batería con mejora de la relación de dinero por kWh.

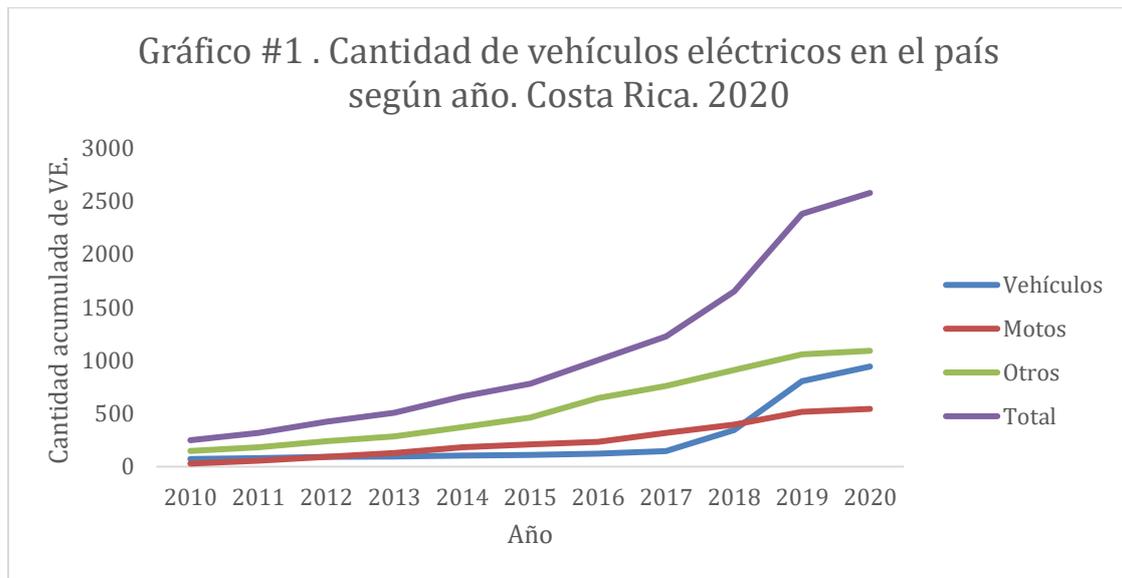


Figura 2. Cantidad de vehículos eléctricos en Costa Rica según año.

Fuente: Elaboración propia con datos de (Ministerio de Ambiente y Energía. Dirección de Energía., 2020)

En Costa Rica, la Dirección de Energía, del MINAE, lleva un registro de los vehículos eléctricos que entran al país. La categoría “Otros”, según indican, se refiere a carros de golf, cuadraciclos, montacargas, carros de trabajo, todos con placa. Y donde se aprecia, la misma tendencia que en la Figura 1, donde hay un crecimiento.

Así mismo, se destaca que los países tienden a crear políticas que incentiven no solo a los productores de estos vehículos, sino, también a los usuarios para que los adquieran y puedan compensar la brecha que existe entre los precios. Apoyando este contexto (Shankleman, 2017) en su artículo de Bloomberg New Energy Finance, expone que las proyecciones del mercado apuntan a que, para 2025, los vehículos eléctricos van a poder ser adquiridos por precios muy competitivos con respecto a los de gasolina. Aquí, (Scholtez Ruiz, 2019) comenta que para ese año, la competitividad en la manufactura del automóvil eléctrico va a ser muy alta por el avance tecnológico en la fabricación de las baterías que reduciría su costo y mejoraría a su vez, su

capacidad de carga. Esto implica que, en Europa, las ventas del total de vehículos, el 30% sería de la categoría eléctrica.

1.2.2. Ciclo de Vida útil

Otro aspecto relevante a tomar en cuenta es que, para este tipo de transporte eléctrico, la batería es uno de los elementos más críticos, ya que viene a sustituir el motor de combustión interna. (Hee Kim, 2014)

Este factor se vuelve de vital relevancia en los estudios de mercado ya que implica tener conocimiento sobre la disposición y manejo completo sobre la vida útil del componente y como afecta la tecnología asociada a la misma a la demanda del mercado de dichos vehículos.

1.2.3 Comparación energética entre VCI y VE.

Tabla 1. Datos de galones de gasolina equivalentes y sus conversiones en diferentes unidades

Tipo de combustible	GEG	GEG %	BTU/gal	kWh/litro	HP-hr/gal	kcal/litro
Diesel #2	0,88	113.64%	129,50	142,31	50,87	8629,80
Combustible de jet (queroseno)	0.9000	111.11%	128,10	139,20	49,76	8437,70
Biodiesel (B20)	0.9000	111.11%	127,25	139,20	49,76	8437,70
Biodiesel (B100)	0.9600	104.17%	118,30	130,50	46,65	7880,50
Combustible de jet (nafta)	0.9700	103.09%	118,70	129,15	46,17	7828,90
Gasolina (convencional, verano)	0.9960	100.40%	114,50	128,85	44,99	7624,50
Gasolina (base)	1,00	100.00%	114,00	125,29	44,79	7594,00
Gasolina (regular sin plomo)	1,00	100.00%	114,10	125,40	44,83	7594,00
Gasolina (convencional, invierno)	1,01	98.72%	112,50	123,63	44,20	7496,50

Fuente: Elaboración propia con datos de (Environmental Protection Agency, 2010) y (U.S Department of Energy, 2010)

Tabla 2. Continuación. Datos de galones de gasolina equivalentes y sus conversiones en diferentes unidades

Tipo de combustible	GEG	GEG %	BTU/gal	kWh/litro	HP-hr/gal	kcal/litro
Gasolina (reformulada, ETBE)	1,02	98.14%	111,81	122,89	43,93	7452,40
Gasolina (reformulada, E10 - etanol)	1,02	98.14%	111,84	122,93	43,94	7452,40
Gasolina (reformulada MTBE)	1,02	98.04%	111,75	122,81	43,90	7445,10
Gasolina (10% MTBE)	1,02	98.04%	112,00	123,11	44,00	7445,10
Gas licuado de petróleo (GLP)	1,25	80.19%	91,50	100,58	35,95	6089,80
Etanol (E85)	1,40	71.94%	81,80	90,15	32,23	5463,30
Combustible Etanol (E100)	1,50	66.67%	76,10	83,51	29,85	5062,70
Gas licuado natural (GLN)	1,54	65.10%	75,00	81,56	29,16	4943,30
Combustible Metanol (M100)	2,01	49.75%	56,80	62,33	22,28	3778,10

Fuente: Elaboración propia con datos de (Environmental Protection Agency, 2010) y (U.S Department of Energy, 2010)

En la tabla anterior se puede observar una lista de datos generada en los Estados Unidos en el uso de automóviles eléctricos para determinar lo que se conoce como “Galones Equivalentes de Gasolina (GEG)” la cual es una medida energética a partir una unidad de BTU determinada para poder comparar el consumo en energía eléctrica en kWh con la energía consumida equivalente por distintos combustibles.

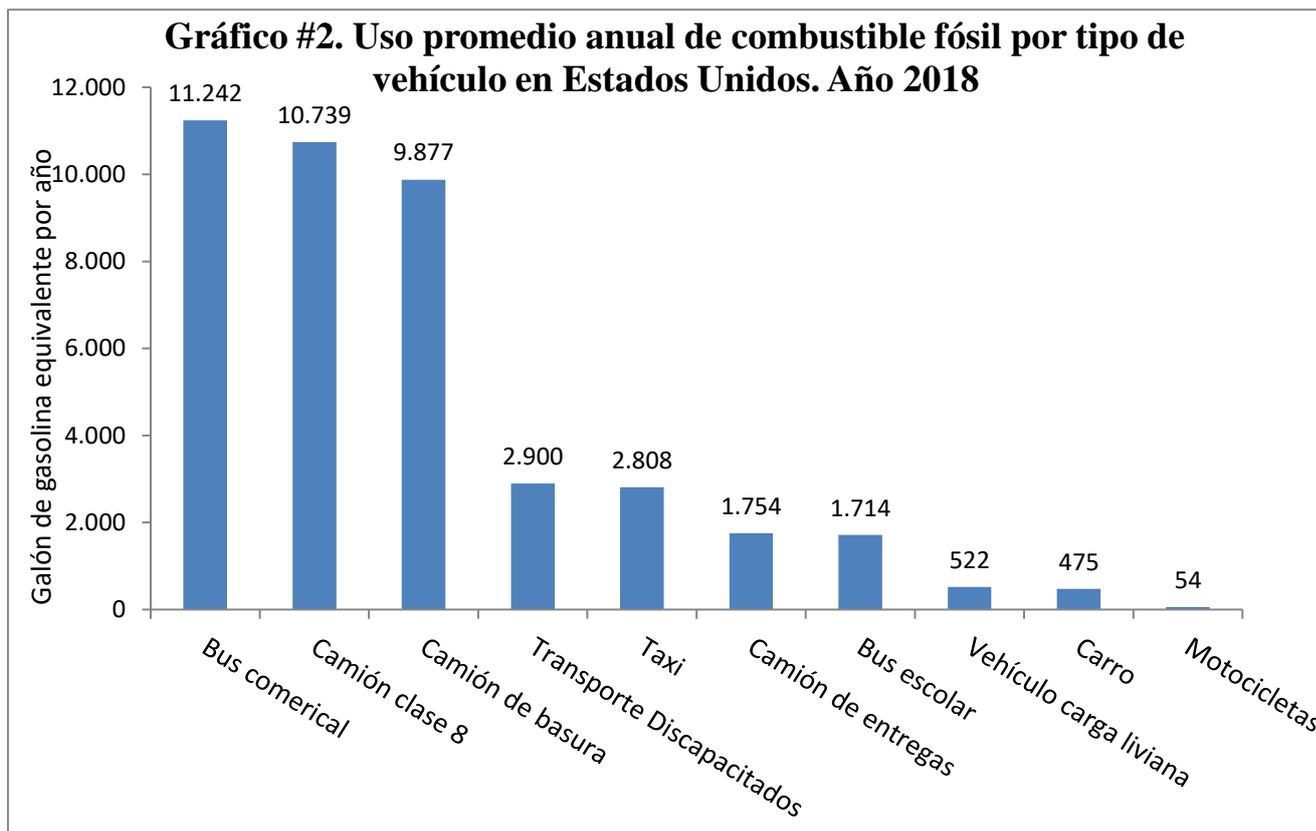


Figura 3. Uso de combustible diferenciado por tipo de vehículo en términos de GEG anuales.

Fuente: Elaboración propia con datos de (Alternative Fuels Data Center, 2018)

La Figura anterior, muestra el consumo de combustible por tipo de vehículo, donde se aprecia que los vehículos livianos representan una pequeña parte, comparados con el consumo que tienen los autobuses, sin embargo, presentan un consumo promedio de alrededor de 500 GEG, lo que representa un impacto importante en términos de energía y dinero para una empresa que tenga una amplia flota vehicular.

1.2.4. Impacto a la red eléctrica y centros de carga.

En términos del impacto hacia la red eléctrica, existen estudios como los de (Quiros-Tortós et al., 2016) sobre como afecta la posible recarga de vehículos eléctricos de forma simultanea en redes de baja tensión del Reino Unido, utilizando un algoritmo de control en los centros de carga para mitigar fallas de sobretensiones y sobrecalentamientos.

Tabla 3. Infraestructura de carga para vehículos eléctricos.

Nivel de carga	Fuente de energía	Potencia de carga	Rango por hora de carga (km)	Tiempo de carga (0 a 100%)	
				VEB	VHE
Nivel 1	120 VAC	1,4 kW @ 12 A	4,5 a 6,5	17 horas	7 horas
Nivel 2	240 VAC	3,3 kW 6,6 kW	13 a 16 27 a 32	7 horas 3,5 horas	3 horas 1,4 horas
Nivel 3	200-450 DC (Hasta 90 KW)	45 kW	80,5 a 96,5	30 a 45 minutos	10 minutos

Fuente: Elaboración propia con datos de (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2016)

Costa Rica ha ido modificando su cultura de aceptación y progreso hacia el tema de políticas ecológicas que favorezcan el desarrollo ambiental del país. De la mano con esto, va el desarrollo tecnológico que pone las bases para cumplir con este objetivo. Según el (Ministerio de planificación nacional y política económica. (MIDEPLAN), 2019), el país tiene propuesto llegar a una economía con bajas emisiones de carbono al reducir los consumos de combustibles fósiles y con ello, reducir el impacto al medio ambiente. El estudio elaborado por (Araya-Fonseca, 2018), muestra el impacto que tienen estos vehículos eléctricos para uso particular tanto en la red eléctrica como para el bolsillo del consumidor, donde determinó, que adquirir un vehículo eléctrico es viable cuando se compara con la adquisición de un vehículo de mayores dimensiones como los automóviles tipo SUV.

En cuanto al diseño de los centros de carga, (Barboza, 2018) propone el diseño de un centro de carga con el afán de incentivar el uso de vehículos eléctricos en el país, así mismo, elabora una simulación con el software MATLAB para mostrar los resultados teóricos donde obtiene un factor de potencia de 99% que ayuda a alargar la vida útil de la batería, la cual, como se ha mencionado, es un componente crítico.

1.2.5. Huella de carbono de los VCI y los VE.

Para la región de Latinoamérica, (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2016) hace la acotación de que, entre el período de 2016 a 20150, la movilidad

eléctrica podría tener un impacto de disminución de 1,4 Giga toneladas de CO₂ y con ello, un ahorro de 85 mil millones de dólares en combustibles fósiles. Aquí, (González Barrios, 2013) acota que no solo existe el impacto en cero emisiones de dióxido de carbono, sino que, los costos de mantenimiento son mucho menores por la diferencia en la cantidad de piezas de cada tipo de vehículo y destacando que un vehículo eléctrico tiene un motor con mucha más eficiencia que los de combustión interna.

Tabla 4. Comparación de aspectos técnicos de vehículos con motor de combustión contra los de funcionamiento eléctrico.

Aspecto técnico.	Vehículos con motor de combustión.	Vehículo de funcionamiento eléctrico.
Eficiencia energética.	15-20%	75%
Rendimiento/Torque	No lineal.	Lineal / Instantáneo.
Autonomía.	450-600 km	350 km (actualmente en aumento)
Posibilidad de recargar en casa.	No.	Sí
Posibilidad de recargar en la ruta.	Sí. Usualmente 5 minutos.	Carga rápida y recambio de baterías.
Acceso a fuentes de recarga	Solo en estaciones de combustible.	En cualquier lugar con electricidad
Número de partes/Costo de mantenimiento	Alto	Bajo
Nivel de emisiones directas	Alto	Cero

Fuente: Elaboración propia con datos de (González Barrios, 2013)

La tabla anterior muestra una comparación de datos relevantes a la hora de analizar ambos tipos de vehículos, donde muestra aspectos importantes como la eficiencia entre ambos tipos de motores, la autonomía que tienen y el acceso a fuentes de recarga que se vuelve un factor determinante para tomar la decisión de adquirir uno u otro.

Junto a estas comparativas, más allá de las características técnicas de los vehículos y de las diferencias presentes entre el uso de combustibles fósiles y electricidad, (Kubaisi et al., 2014) amplían que el conductor influye considerablemente en el uso eficiente de la energía en

los automóviles. Donde un conductor con poca experiencia puede provocar un aumento de 36,74% en la demanda de potencia con respecto al dado por los fabricantes y un consumo de potencia 4,95% mayor al mismo rubro. Mientras que un conductor con experiencia puede influir positivamente en este aspecto, reduciendo la necesidad de potencia en 2,13% a 7,92% con respecto a los datos del fabricante.

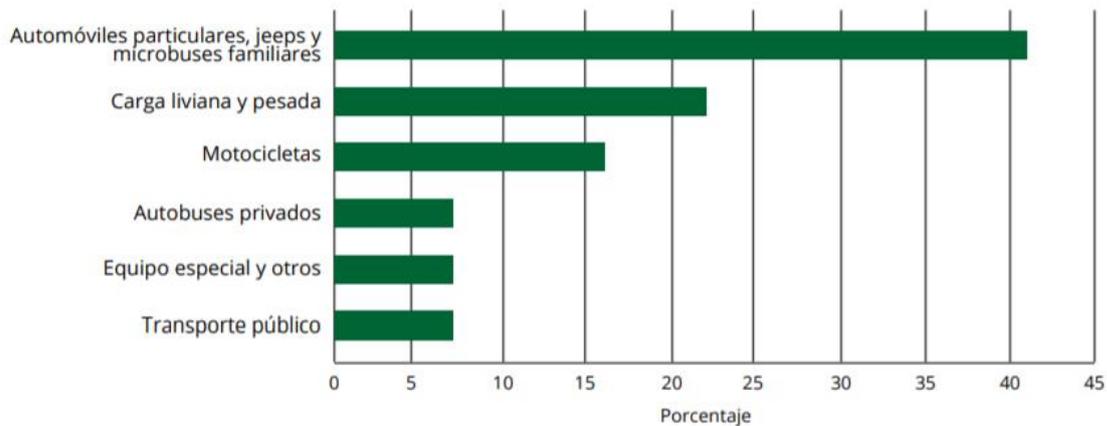


Figura 4. Contribución porcentual de las emisiones de CO₂, por tipo de vehículo en Costa Rica. 2010

Fuente: (Ministerio de Ambiente y Energía, 2015)

De la Figura 4., se puede notar que, en el país, según expone el Plan Nacional de Transporte 2015-2030, el aporte de CO₂ según tipo de transporte, los automóviles particulares y vehículos de carga liviana, los cuales son los estudiados en este informe, son de los que proveen mayor impacto a la huella de carbono en las calles.

1.2.6. En el marco legal.

Como antecedente destacado de estos eventos, en 2015, se empezó a promover el proyecto de Ley con expediente N° 19744 sobre incentivos a la importación y uso de transporte eléctrico. (Poder Legislativo, 2017). Buscando motivar a los posibles usuarios a incluir el uso de este tipo de vehículos ya sea en transporte público, como en transporte privado. Posteriormente, este proyecto pasa a ser la Ley No.9518.

1.3 Planteamiento del problema

El problema analizado en cuestión se muestra con el siguiente diagrama ilustrativo:

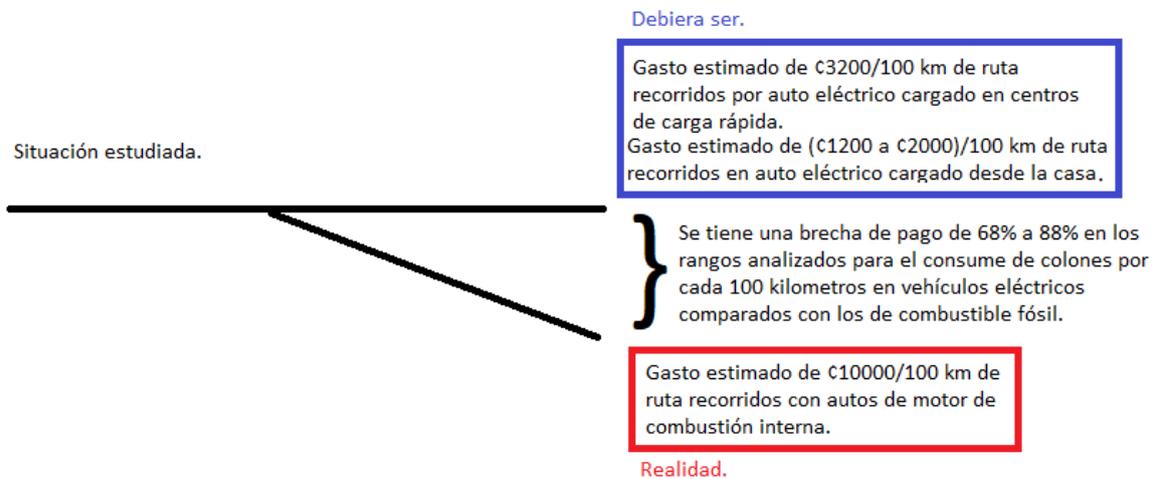


Figura 5. Diagrama de la desviación entre la realidad y el debiera ser en el uso de autos eléctricos en contraposición con los autos de gasolina y diesel.

1.3.1 Objetivo General.

Determinar el impacto financiero para el cambio de la flota actual de 4 vehículos (2 tipo sedán y 2 tipo Van) de combustible fósil por una de vehículos eléctricos (2 tipo sedán y 2 tipo Van) mediante un estudio de prefactibilidad con base en el Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050 y Plan Nacional de Desarrollo y de Inversión Pública 2019-2022.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar a través de un estudio financiero las mejores alternativas para la compra de un vehículo combustible fósil versus eléctrico tipo sedán y tipo van por medio de un análisis de indicadores financieros TIR, VAN, ROI y ROA.

- Indicador de logro: VAN > 0, TIR > % costo de oportunidad, ROA > 5%, ROI > 5%
- Determinar el impacto financiero sobre el negocio del análisis de la huella de carbono a través de los siguientes aspectos técnicos: eficiencia energética, autonomía, costos de mantenimiento y nivel de emisiones según (González Barrios, 2013) en la gestión del cambio de flotilla.
- Proponer un estudio de viabilidad para la compañía sobre la instalación eléctrica para la carga de los vehículos eléctricos, ya sea en el edificio de la empresa o casa particular según el NEC 2014.
- Realizar un análisis del ciclo de vida útil comparando cada etapa en la vida de las alternativas de vehículos, justificando así, su modelo de operación y mantenimiento, desde el diseño hasta su disposición final.

1.4 Preguntas de investigación

Para el desarrollo del proyecto, se plantean las siguientes preguntas como guía para trabajar:

¿Qué tan necesario es el cambio de flotilla actualmente?

¿Cómo impacta financieramente adquirir un vehículo eléctrico para trabajo?

¿Cuáles son las ventajas actuales de comprar un vehículo eléctrico en lugar de uno de combustión interna?

¿Cómo se compara el mantenimiento de ambos vehículos?

¿Vale la pena comprar o es más factible alquilar (leasing)?

1.5 Justificación

La motivación de este proyecto va de la mano con las metas de gobierno sobre el camino a la descarbonización de la economía según lo que establecen (Ministerio de planificación nacional y política económica. (MIDEPLAN), 2019) con el Plan Nacional de Desarrollo e inversión pública del bicentenario 2019-2022, el Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050 (Ministerio de Ambiente y Energía, 2018) y el Plan Nacional de Energía 2015-2030 (Ministerio de Ambiente y Energía, 2015) que buscan, para el sector de transporte, reducir la emisiones de contaminantes al ambiente. Comentan (Sánchez, Agüero, & Guadamuz, 2018) que, según datos del MINAE el sector energía aporta alrededor de 64% de emisiones de CO₂ del país y que, de este porcentaje, el 69% es por parte del transporte. Esto de la mano de la que el país cuenta con una flota vehicular antigua que promueve la contaminación ambiental y que el crecimiento de esta fue de un 60% por cada 100 mil habitantes en los últimos 10 años (Sánchez, 2018).

Aunado a esto, se busca generar un ahorro monetario con estimaciones del 60% en uso de energía en forma de combustible al emplear vehículos que se muevan mediante el uso de electricidad. Según (Lara, 2019) esto se apoya en el dato aportado por la ARESEP (Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos) en que al fijar una tarifa de ¢182,72 para que operen centros de carga rápida en el país, se puede propiciar que recorrer 100 km de ruta cueste alrededor de ¢3200 y que dicho monto, comparado con el consumo de un vehículo de combustión interna impulsado por gasolina súper es de un 36% más barato. A su vez, (Herrera, 2019) indica que, en ciertos modelos de autos de transporte eléctrico, se puede incluso manejar un monto de ¢2000 por cada 100 km recorridos. (Herrera, 2019) habla también que, según una encuesta realizada al gerente nacional de la empresa Renault, a nivel de empresa, se pueden ahorrar cerca de ¢2 millones de colones anuales al pasarse a este tipo de modalidad de

transporte basado en aristas como la exoneración del marchamo, mantenimiento y costo de la electricidad comparada con el combustible fósil.

En términos de la matriz eléctrica, de acuerdo con (Yong et al. 2015), el uso de energías renovables como energías eólicas y fotovoltaicas pueden abastecer plenamente las demandas de carga que generen estos vehículos y junto con ello se puede generar incluso, un 20% de ahorro en la factura eléctrica. Los incentivos fiscales juegan un rol importante en el manejo de estos ahorros, a nivel europeo, según (Zsusza et al., 2017) en Noruega, Francia y Holanda, el uso de incentivos fiscales para motivar a los consumidores para adquirir vehículos eléctricos, ya sean modelos grandes o pequeños, ha propiciado que sean incluso más rentables que algunos modelos con motor de combustión interna.

Este proyecto busca ampliar lo realizado por (Araya-Fonseca, 2018) en términos de estudio de vehículos livianos eléctricos y (Barboza, 2018) en términos de centros de carga investigados y desarrollados a nivel país, aunado a esto, de la mano con lo que exponen (León et al., 2016), gestionar una flotilla de vehículos repercute en la optimización de servicios y el mejoramiento de las rutas a seguir, lo que influye directamente en la optimización del uso de energía y con esto ahorro monetario.

1.6 Viabilidad

En términos de este proyecto, existe la disponibilidad tecnológica sobre el acceso a bases a datos de información y a base teórica para apoyar el problema explorado, el uso de herramientas para el procesado de datos sobre los estudios financieros y elaboraciones de imágenes ilustrativas que muestren procesos relacionados al estudio.

En términos financieros, se maneja que la empresa posee los recursos para adquirir las herramientas necesarias para desarrollar el proyecto.

A nivel de recursos humanos, se presta la ayuda necesaria momentánea de personas para compartir la información pertinente que se necesite.

1.7 Alcance

Se plantean alcances del tipo exploratorio y descriptivo ya que, los vehículos eléctricos, aun siendo un tema conocido a nivel ingenieril desde hace varios años, se busca generar más bases para el establecimiento de conocimiento a nivel nacional y con ello motivar a futuras generaciones para que indaguen y desarrollen temas de investigación, no solo en estudios administrativos sino también, en estudios a nivel ingenieril electromecánico. De la misma manera, impulsar lo que se sabe sobre vehículos eléctricos privados para crear criterio ingenieril en la adquisición de los mismos y que sean de provecho no solo a nivel industrial-comercial sino que, puedan impactar positivamente en el ambiente.

Así mismo, se pretende mejorar la rentabilidad y confiabilidad de los procesos de reparación de averías a los cuales, la empresa emplea la flotilla que se estudia para sustituir.

1.8 Limitaciones.

Se manejan como limitantes, la adquisición de un vehículo eléctrico para experimentación y comparación directa con los vehículos actuales del estudio. Por lo que se usará una aproximación con datos y estadísticas obtenidas en bases de datos de la institución para aproximar estos resultados.

1.9 Metodología.

Tabla 5. Metodología propuesta para cumplir con los objetivos del proyecto.

Objetivo	Actividad	Fuente de información	Forma de análisis de datos
<p>General.</p> <p>Determinar el impacto financiero debido al cambio la flotilla actual de 4 vehículos por una de vehículos eléctricos mediante un estudio de prefactibilidad con base en el Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050 y Plan Nacional de Desarrollo y de Inversión Pública 2019-2022.</p>	<p>G1. Conocer el entorno operacional de la empresa.</p> <p>G2. Identificar los aspectos técnicos relevantes de los automóviles de combustión interna y los eléctricos.</p> <p>G3. Analizar mediante indicadores económicos la viabilidad de adquisición de estos (tomando en cuenta los centros de carga y consumos de CO₂).</p> <p>G4. Determinar cómo afectan el desempeño de labores de la empresa apegándose a los planes de desarrollo nacional.</p>	<p>Departamento de mantenimiento.</p> <p>Gerencia regional.</p> <p>Entrevistas con el encargado y personal de mantenimiento.</p> <p>Estudios teóricos en investigaciones científicas y bibliografía.</p>	<p>Procesamiento analítico y cuantitativo de los datos según fuentes bibliográficas.</p>

<p>Específico 1.</p> <p>Desarrollar un estudio financiero de las alternativas de vehículos de combustible fósil y vehículos eléctricos a través del análisis de indicadores financieros TIR, VAN, ROI y ROA.</p>	<p>E1.1 Investigar las alternativas disponibles en el mercado nacional para adquisición de transporte eléctrico.</p> <p>E1.2 Establecer un estudio financiero mediante conceptos de ingeniería económica.</p> <p>E1.3 Usar los indicadores financieros TIR, VAN, ROI y ROA para analizar el impacto que puede tener la adquisición de estos en el contexto nacional actual.</p>	<p>Departamento financiero.</p> <p>Departamento de mantenimiento y averías.</p> <p>Fuentes bibliográficas.</p>	<p>Desglose de estudio financiero con parámetros establecidos sobre el TIR, VAN, ROI y ROA.</p>
---	---	--	---

Objetivo	Actividad	Fuente de información	Forma de análisis de datos
<p>Específico 2.</p> <p>Determinar el impacto financiero sobre el negocio del análisis de la huella de carbono en la gestión del cambio de flotilla.</p>	<p>E2.1 Investigar los costos de la gasolina y la electricidad en el país.</p> <p>E2.2 Determinar la cantidad de kgCO2 que expelen los VCI en sus trayectos.</p>	<p>Departamento financiero.</p> <p>Departamento de mantenimiento y averías.</p> <p>Fuentes bibliográficas.</p>	<p>Tablas, gráficos.</p>
<p>Específico 3.</p> <p>Proponer un estudio de viabilidad para la compañía sobre la instalación eléctrica para la carga de los vehículos eléctricos, ya sea en el edificio de la empresa o casa particular.</p>	<p>E3.1 Estudiar la estructura eléctrica del edificio.</p> <p>E3.2 Investigar los proveedores de centros de carga en el país.</p> <p>E3.3 Determinar mediante el NEC 2014, las normativas y limitaciones a seguir para proponer la implementación de un centro de carga en el sitio.</p>	<p>Gerencia.</p> <p>Departamento de mantenimiento.</p> <p>Código eléctrico nacional (NEC 2014).</p> <p>Proveedores externos.</p>	<p>Organización de la información mediante tablas.</p>

Objetivo	Actividad	Fuente de información	Forma de análisis de datos
<p>Específico 4.</p> <p>Realizar un análisis del ciclo de vida útil comparando cada etapa en la vida de las alternativas de vehículos, justificando así, su modelo de operación y mantenimiento, desde el diseño hasta su disposición final.</p>	<p>E4.1 Analizar las etapas de diseño, uso y disposición final de los vehículos.</p> <p>E4.2 Determinar el impacto energético que poseen en el uso de combustible de los vehículos actuales y sus alternativas.</p> <p>E4.3 Establecer recomendaciones a nivel de administración del mantenimiento para que el manejo de la flotilla sea lo más eficiente posible.</p> <p>E4.4 Establecer un estudio de costos totales de posesión para los vehículos eléctricos</p>	<p>Artículos científicos.</p> <p>Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050.</p> <p>Plan Nacional de Desarrollo e Inversión Pública 2019-2022.</p>	<p>Estudio estadístico cuantitativo de los datos obtenidos de la flotilla actual y la propuesta.</p>

Fuente: Elaboración propia.

1.10 Plan de trabajo

Figura 6. Diagrama tipo Gantt para elaboración propuesta del proyecto para el primer semestre de 2020.

Actividad	Duración	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14
Estudio de la flotilla actual y su dinámica de trabajo	1 semana	S1													
Recolección de datos	4 semanas	S1 a S4													
Organización de los datos de acuerdo a los objetivos.	1 semana					S5									
Análisis de datos técnicos para el análisis de ciclo de vida	1 semana						S6								
Análisis de datos obtenidos para el estudio financiero	2 semanas							S7 a S8							
Elaboración del estudio sobre centros de carga	1 semana									S9					
Elaboración del estudio de vida útil y huella de carbono	2 semanas										S10 a S11				
Aplicar correcciones señaladas	2 semanas												S12 a S13		
Entrega del anteproyecto	1 semana														S14

Fuente: Elaboración propia con Microsoft Excel 360.

CAPÍTULO 2.

MARCO TEÓRICO

En esta sección, se desarrollan los conceptos teóricos para entender la relevancia de un cambio de flotilla de VCI a VE en el sector privado, específicamente la empresa Thyssenkrupp Elevadores Costa Rica S.A

2.1 Estudio financiero.

2.1.1 Estudio de prefactibilidad.

El estudio de prefactibilidad se puede definir como el análisis realizado en la etapa preliminar de un potencial proyecto, el mismo se realiza para determinar si se requiere de un estudio de factibilidad al cual proceder. Estos se realizan en proyectos de impactos importantes, ya sea en empresas conjuntas o multinacionales. Este estudio se diseña con el fin de facilitar y ofrecer información relevante para considerar y llevar a cabo proyectos o posibles inversiones. Se realiza una presentación logística de los requerimientos de capital, los desafíos y demás información pertinente para el proceso de toma de decisiones. Al realizar un estudio económico es importante tomar en cuenta todo lo relacionado con el área contable, a fin de garantizar las estimaciones de costos e ingresos que reflejen verídicamente lo que sucederá cuando el sistema o proyecto se encuentre en ejecución. Del mismo modo tener presente conceptos económicos que permitan la plena realización de este. (Corvo, 2019)

2.1.2 Análisis Financiero para toma de decisiones.

La toma de decisiones es un ejercicio que conforma una etapa importante de la vida cotidiana pero más aún en los negocios, siempre se debe de elegir una u otra alternativa, la mayoría de las decisiones se relacionan directamente con dinero, el denominado fondo capital, el cual por lo general existe en cantidades limitadas. Las decisiones que abarcan el dónde y cómo invertir dicho dinero se ve promovido o impulsado por el objetivo de agregar valor al

obtener los resultados deseados. Estos resultados se obtienen a través de habilidades y experiencias donde se diseña, analiza y sintetizan los datos y factores económicos y no económicos que se estudian, siempre que existan alternativas disponibles para llevar a cabo dicho propósito. Formular, estimar y evaluar los resultados económicos, son la base fundamental para realizar la estimación que mejor se ajuste a lo esperado. Dichas estimaciones y la decisión correspondiente involucran análisis de los flujos efectivos, tiempos en que se dan los flujos efectivos, tasas de interés relacionadas al valor monetario a través del tiempo y la medición del beneficio económico.

La medición de la rentabilidad es el aspecto principal para realizar una elección asertiva. Es necesario tomar en cuenta factores no económicos como lo son, las presiones impuestas por el mercado, la disponibilidad de los recursos, aspectos ambientales, el interés por parte de la gerencia y preferencia por parte de los involucrados directos. (Blank & Tarquin, 2006)

2.1.3 Valor Actual Neto (VAN).

“El valor actual neto, denominado como VAN, es una medida de la rentabilidad absoluta neta que proporciona un proyecto. Por lo cual, se realiza inicialmente, es el incremento proporcionado a los propietarios en términos absolutos, una vez descontada la inversión inicial que se efectuó para llevar a cabo el proyecto”. (Blank & Tarquin, 2006)

Según los aportes de (Fernández, 2010), es un indicador que toma en cuenta los flujos de efectivo a través del tiempo, actualiza, los valores futuros para determinar su equivalente en valor presente y poder medir la rentabilidad de un negocio o proyecto. Para su cálculo, se usa la siguiente fórmula:

$$VAN = -I_0 + \frac{Fn_1}{(1+k)^1} + \frac{Fn_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{Fn_m}{(1+k)^m}$$

Dónde:

- I_0 = Inversión inicial del proyecto.
- F_n = Flujo de efectivo neto cuantificado anualmente.

- k = Costo de financiamiento del proyecto.

Al obtener dicho monto del VAN, se deben usar ciertos criterios para establecer si realmente el proyecto debería aceptarse o no. Estos criterios son:

- $VAN > 0$: Se acepta el proyecto, porque se recupera la inversión y genera ganancias futuras.
- $VAN = 0$: El proyecto recupera la inversión inicial, pero no produce ganancias. Financieramente no es viable, pero es elegible de forma estratégica.
- $VAN < 0$: El proyecto se rechaza debido a que genera pérdidas.

2.1.4. Tasa interna de retorno (TIR).

La tasa interna de retorno o también conocida como tasa interna de rentabilidad TIR, está definida como la tasa de interés con la que el valor actual neto o valor presente neto VAN se iguala a cero. Valores que se calculan a partir del flujo de caja anual, trayendo todas las cantidades futuras, flujos negativos y positivos al presente. Es un indicador de rentabilidad de un proyecto, donde a mayor TIR mayor rentabilidad de este. Es de gran importancia a la hora de tomar decisiones involucradas con la aceptación o rechazo de proyectos de inversión. La TIR es comparada con la tasa mínima o de corte, la cual será la oportunidad de inversión, sin embargo, se debe considerar que, si la inversión no posee ningún riesgo, el coste de oportunidad utilizado en la comparación de la TIR será la tasa de rentabilidad libre de riesgo, por otro lado, si la tasa de rendimiento del proyecto supera la tasa de corte, la inversión es positiva y de caso contrario sería rechazada. (Blank & Tarquin, 2006)

Analizando lo que dice (Fernández, 2010), el cálculo de este indicador se da de la siguiente forma:

$$I_0 = \sum_{i=1}^m \frac{Fn_i}{(1 + TIR)^i}$$

Dónde:

- I_0 = Inversión inicial del proyecto.
- F_n = Flujo de efectivo neto cuantificado anualmente.
- TIR = Tasa interna de retorno.

Al obtener dicho monto del TIR, se deben usar ciertos criterios para establecer si realmente el proyecto debería aceptarse o no. Estos criterios son, para proyectos mutuamente excluyentes:

- Se elige el proyecto estudiado que proporcione un valor de TIR más alto.

Los criterios que rigen para proyectos independientes son:

- $TIR > 0$ y $VAN > 0$: Se acepta el proyecto, porque se recupera la inversión y genera ganancias futuras.
- $TIR = 0$ y $VAN = 0$: Se rechaza el proyecto.
- $TIR < 0$ y $VAN < 0$: El proyecto se rechaza debido a que genera pérdidas.

2.1.5 Retorno en activos (ROA).

El indicador de retorno en activos, traducido del inglés. “Return on Assets” (ROA), es un indicador financiero de alta relevancia para los negocios y empresas en concreto, ya que, representa cuánta ganancia puede generar una empresa debido a la cantidad de bienes que posee. (Boyte-White, 2019) Se obtiene al dividir los beneficios antes de impuestos e intereses debidos al activo, entre los activos totales medios de la empresa, medidos usualmente de dos balances contables consecutivos. Lo relevante de usar los beneficios antes de impuestos es que, va a ser independiente de las cargas fiscales asociadas y de las fuentes que se utilizaron como financiamiento. Se dice, además, que un indicador ROA superior al 5%, es favorable. (Lorenzana, 2013). Según explica (Sapag, Sapag, & Sapag P., 2014), se conoce también como “Return over assets” para ROA y se puede evaluar una cantidad similar determinada “Return over equity” (ROE), el cual toma en cuenta el efecto de los impuestos, préstamos y

depreciaciones. Y además, se hace la acotación de que, este indicador, a diferencia del TIR que evalúa a largo plazo, este puede evaluar en periodos específicos.

$$ROA = \frac{\textit{Beneficios antes de impuestos e intereses}}{\textit{Activos totales medios}}$$

2.1.5 Retorno en inversión (ROI).

El indicador de retorno en inversiones, traducido del inglés. “Return on Investments” (ROI), según lo que comenta (Chen, 2020) es una medida de desempeño, usada con el fin de evaluar la eficiencia de una inversión o comparar la eficiencia de un número de distintas inversiones. Este indicador financiero, trata de medir directamente el retorno en una inversión particular relativa al costo de la inversión. Para el cálculo se tiene:

$$ROI = \frac{\textit{Valor actual de la inversión} - \textit{Costo de la inversión}}{\textit{Costo de la inversión.}}$$

Por lo tanto, un $ROI > 0$, indica que existen ganancias.

2.1.5 Flujos de efectivo / Flujos de caja.

Como explican (Blank & Tarquin, 2006), estos son cantidades de dinero estimadas sobre los planes que se tienen para proyectos futuros, estos deben ser acotados en periodos definidos de tiempo, siendo el más común, el lapso anual. Existen flujos positivos, denominados de entrada, y flujos negativos, denominados de salida. Aunado a esto, se dice que, la estimación de estos flujos puede ser una ciencia muy inexacta ya que se trata de predecir el futuro.

2.1.5 Periodo de recuperación (PR).

“Es el tiempo que estima, mayoritariamente en términos de años, cuando se empiezan a tener ganancias más allá de lo que se invirtió inicialmente y definido por una tasa de rendimiento asociada al riesgo del proyecto. Este método de análisis ignora todos los flujos

netos de efectivo luego cierto año seleccionado para el análisis, por lo que debe ser usado como un método secundario para la evaluación de proyectos”. (Blank & Tarquin, 2006)

2.1.5 Costo anual equivalente (CAE).

Según indican (Blank & Tarquin, 2006), el CAE, también conocido como valor anual, valor anual equivalente o costo anual uniforme equivalente, es una herramienta para analizar alternativas de proyectos, que se rige por los mismos principios de la evaluación del valor actual o presente. Tiene aplicaciones importantes en el análisis del costo de vida útil de un proyecto.

2.1.5 Arrendamiento (Leasing).

Es un tipo de adquisición de bienes en la que arrendador, usualmente una entidad financiera como un banco, compra un activo y lo alquila. El arrendatario, que es el usuario que alquila el bien a la entidad financiera, puede hacer uso de él a expensas de un pago establecido en un contrato. Sin embargo, no posee el bien y al final del contrato, puede decidir renovarlo, comprarlo o devolverlo. El arrendatario, toma los costos de mantenimiento, operación, seguros, derechos de circulación, esto en el caso de vehículos. Usualmente se contempla solo el 80% del financiamiento. (Ehrhardt & Brigham, 2011)

“En Costa Rica, existen varias entidades que ofrecen este tipo de servicios, para maquinaria y vehículos, pero no para mobiliarios. Las cuales son: BAC Credomatic, Banco Cathay, Cafsa, Credi Q, Davivienda, Desyfin, Kineret, Grupo Mutual y Scotiabank”. (Cisneros, 2017)

Según lo que expone el portal de (Adobe Total Fleet , 2020), “se ofrecen tres principales tipos de servicios de arrendamiento (leasing), el financiero, el operativo y el operativo con función financiera”.

2.1.5.1 Leasing financiero: En este tipo de modelo, la entidad financiera es la que adquiere el activo para el cliente y por medio de una renta, se le da el bien. Sin embargo, como se mencionó

anteriormente, el arrendatario asume los costos operativos. En este caso, el cliente en cuestión compra el vehículo al finalizar el contrato.

2.1.5.2 Leasing operativo: Este modelo contempla las mismas reglas de adquisición y operación que el modelo financiero, no obstante, al final del contrato, no existe la opción de compra y se debe devolver el bien. Es un tipo de contrato donde usualmente se considera el “renting”.

2.1.5.3 Leasing operativo con función financiera: De la misma manera en términos administrativos en adquisición y operación que los mencionados anteriormente, sin embargo, aquí existe la opción de compra del vehículo por un valor residual definido en el inicio del contrato.

2.1.6 Estadística descriptiva.

“Se entiende a la estadística descriptiva, como el conjunto de métodos estadísticos necesarios para poder recopilar, presentar y caracterizar grupos de datos y obtener información de ellos, todo esto, con propósitos de investigación”. (Moya & Robles, 2011), (Gómez, 2016)

2.2 Vehículos eléctricos y vehículos de motor de combustión interna.

La movilidad sostenible está directamente relacionada con las acciones o alternativas que permitan contrarrestar los efectos negativos debido a problemas ambientales ocasionador por el uso de automóviles de combustión interna como medio de transporte y movilización convencional, con el fin de mejorar la calidad del entorno. Minimizando el impacto ambiental y social que se puede generar debido a este, hacer un uso racional de los medios de transporte o hacerlo lo más amigable con el ambiente posible.

Entre el accionar para potenciar una movilidad sostenible, sobresale la innovación con una movilización más factible a las tecnologías de impulsión alternativa, las actualmente conocidas

como energías renovables, con el fin de mejorar la competitividad del sistema productivo, incrementar la seguridad y calidad de vida de los usuarios en los desplazamientos.

La movilidad eléctrica es un medio de transporte que utiliza como propulsor un motor eléctrico en lugar de uno convencional de combustión interna. Este motor eléctrico es alimentado por una batería que le proporciona energía para su movilización.

Un vehículo eléctrico es aquel que emplea energía almacenada en baterías, energía que es transferida a un motor eléctrico, el cual es cargado desde una corriente eléctrica, ya sea de una recarga pública, privada o incluso doméstica. En términos de las generalidades, el vehículo eléctrico, según comentan (Larminie & Lowry, 2003) y (Araya-Fonseca, 2018):

Es un transporte sobre ruedas que es impulsado mediante un motor eléctrico y que por ende posee altas eficiencias en la conversión de energía eléctrica a mecánica. Este concepto de transporte contiene en sí, diversos subgrupos, los cuales son los vehículos híbridos, los híbridos de enchufar, los vehículos eléctricos de baterías y los eléctricos de celdas de combustible. Enfatizando que en Costa Rica más del 98% de energía es renovable, por lo tanto, la movilidad eléctrica es especialmente sostenible.

Los vehículos eléctricos reducen la dependencia de los derivados fósiles o del petróleo, mejorando la calidad del aire, reduciendo la emisión de gases de efecto invernadero, suponiendo nuevas oportunidades, ya que poseen las siguientes características: mayor aprovechamiento de la energía, menos gastos de mantenimiento debido a su mecánica tan sencilla, no emiten gases contaminantes ni contaminación acústica, sufren menor desgaste de motor ya que no requieren de altas temperaturas; por otro lado, no pagan impuestos de matriculación, son fáciles de conducir debido a que todos son automáticos y la potencia del motor es máxima.

2.2.2 Corriente, tensión y potencia eléctrica.

Estos conceptos, de acuerdo con lo que expone (Alexander & Sadiku, 2013), se van a definir como:

La carga, está intrínsecamente relacionada con el tiempo, el cual es una propiedad de la materia medida en Coulombs (C). Así, se va a entender la corriente como la relación de cambio en el tiempo de la carga, medida en amperios (A).

$$i = \frac{dq}{dt}$$

Donde “q” es la carga y “t” el tiempo.

La tensión o voltaje, incluso diferencia de potencial eléctrico, a grandes rasgos, es la energía que se requiere una unidad de carga a través de un elemento y se mide en voltios (V).

$$V_{ab} = \frac{dw}{dq}$$

Donde “w” es la energía para mover la carga y “q” la carga.

Ahora, la potencia eléctrica, es el cambio de energía entregada o absorbida en función del tiempo. En este caso, se entiende como un producto de la tensión por la corriente. Se mide en watts (W).

$$P = \frac{dw}{dt} = \frac{dw}{dq} * \frac{dq}{dt} = V * i$$

Donde “P” es la potencia, “w” la energía entregada o absorbida, “q” la carga, “t” el tiempo, “V” la tensión e “i” la corriente.

2.2.1 Motor eléctrico.

Las máquinas eléctricas, según (Chapman, 2012), son dispositivos que pueden convertir energía mecánica en energía eléctrica y viceversa. Donde el primer caso, se conoce como generadores y el segundo, como motores. Existen máquinas eléctricas rotativas y máquinas eléctricas fijas, en este particular, interesan solo las rotativas.

Los motores eléctricos, se dividen en varias categorías: básicamente, motores de corriente directa y motores de corriente alterna.

Con lo que acota (Wildi, 2007), los motores de corriente directa pueden tener un par o momento de torsión muy definido o variable según lo que se requiera por lo que, se tienen diferentes tipos de configuraciones en las que se acoplan estos motores para su funcionamiento óptimo:

- Motores en derivación (shunt).
- Motores en serie.
- Motores compuestos.

Ahora, los motores de inducción se rigen por principios electromagnéticos y la Ley de Inducción de Faraday-Lenz. Este tipo de máquinas tiene un conjunto contiguo de devanados de amortiguamiento. El voltaje que existe en el rotor se induce en los devanados del motor que están directamente conectados por cables y no necesita una corriente de campo en corriente directa para funcionar como las máquinas síncronas. (Chapman, 2012)

2.2.2 Baterías.

Según explica (Crompton, 2000), hay dos tipos de baterías, las primarias que son desechables y las secundarias, que son recargables. Ambos son elementos que entregan energía a un sistema por medio de reacciones químicas en su interior. En el caso de las secundarias, también pueden almacenar. Fueron creadas por Alessandro Volta (Alexander & Sadiku, 2013). De acuerdo a lo que comparten (Dhameja, 2001) y (Crompton, 2000), existen muchos tipos de baterías, en los que lo que varía, son los elementos químicos de su composición y por ende, sus reacciones internas. Estas baterías están divididas en celdas y usualmente tienen 5 componentes mayores: 1) electrodos (ánodo y cátodo), 2) separadores, 3) terminales, 4) electrolitos y 5) una envoltura. Y en el caso de VE, están agrupadas en módulos y estos

módulos, conectados eléctricamente formando el paquete de baterías que energiza el sistema electrónico del vehículo. Estos sistemas de baterías proveen al vehículo de altas densidades de energía para poder alcanzar largos recorridos y entrega de potencia más estable. Los tipos tradicionales usados en estos automóviles son:

- Plomo-ácido (Pb-acido).
- Níquel-Cadmio (NiCd)
- Electrolitos líquidos.
- NiMH
- Iones de Litio (Li-ion)

2.2.3 Cargadores y centros de carga.

De acuerdo con (Brenes, 2016) y (Araya-Fonseca, 2018), los centros de carga, también conocidos como centros de recarga, son estaciones donde acoplan los vehículos eléctricos para ser abastecidos de energía para su funcionamiento. Existen 2 tipos, de carga lenta y los de carga rápida. Estos están definidos según la potencia que van a consumir y el tiempo recarga asociado. Este tipo de sistemas se encuentra normado, en Estados Unidos, se tiene el SAE J1772, mientras que, en Europa, se manejan las normas IEC-61851-1 e IEC-62196-2.

Tabla 6. Tipos de recarga SAE J1772.

Nivel	Tensión (V)	Corriente máxima (A)	Potencia máxima (kW)
CA Nivel 1	120, 1 ϕ	12	1,4
CA Nivel 1	120, 1 ϕ	16	1,9
CA Nivel 2	208-240, 1 ϕ	80	19,2
CA Nivel 3	No definido	No definido	Mayor a 20
CD Nivel 1	200-450	80	20
CD Nivel 2	200-450	200	90
CD Nivel 3	200-600	40	240

Fuente: Elaboración propia con datos de (Araya-Fonseca, 2018) y (Brenes, 2016)

Tabla 7. Tipos de recarga IEC 61851-1

Modo	Tensión Máxima (V)	Corriente máxima (A)
1	250, 1 ϕ	16
	480, 3 ϕ	
2	250, 1 ϕ	32
	480, 3 ϕ	
3	480, 3 ϕ	80
4	1000 CD	400

Fuente: Elaboración propia con datos de (Araya-Fonseca, 2018) y (Brenes, 2016)

Estos tipos de sistemas pueden ser tanto residenciales como comerciales. Los centros de carga lenta pueden llegar a durar hasta 8 horas para completar el proceso de recarga de la batería del vehículo. Mientras que los de carga rápida pueden alcanzar un 80% del total de la carga en periodos de 30 minutos aproximadamente.

Las estaciones rápidas (también conocidas por sus siglas en inglés FCS-Fast Charging Station), tienen tres tecnologías principales:

- CCS (Combined Charging System).
- CHAdeMo.
- Tesla Supercharger.

2.2.4 Tipos de vehículos eléctricos existentes.

En la revisión de la literatura (Herrmann & Rothfuss, 2015), indican que existen distintos tipos de vehículos con características particulares. Los cuales, se muestran en la Fig. 5 adjunta:

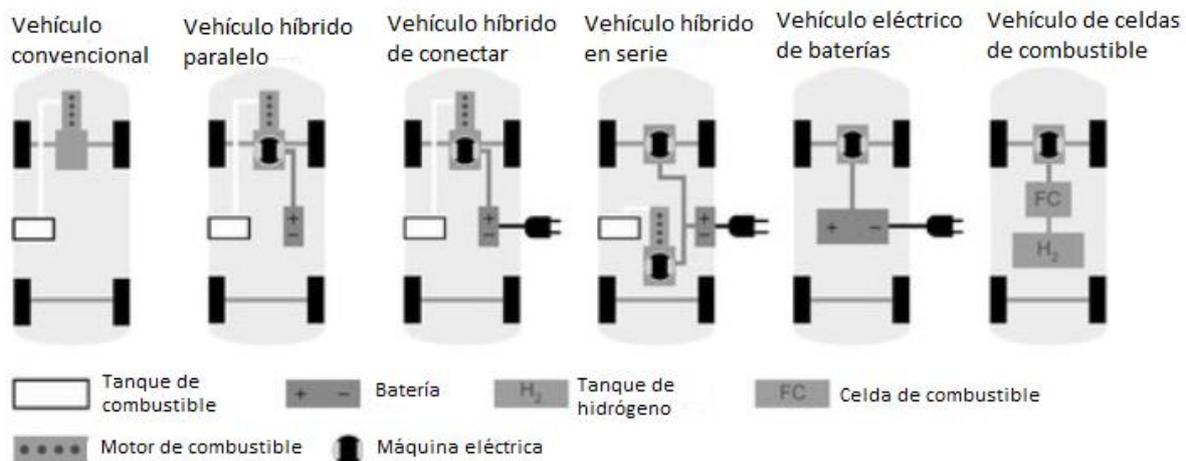


Figura 7. Diversidad de sistemas de propulsión eléctricos en comparación con sistemas de propulsión convencionales.

Fuente: Extraído de (Spath & Herrmann, 2011)

Dicho autor menciona los tipos de propulsión que existen para esta categoría de automóviles:

- Sistema híbrido paralelo: Aquí, el sistema del motor eléctrico funciona como soporte para o secundario para el sistema del motor de combustión tradicional. El sistema eléctrico tiene una capacidad aproximada de entregar de 5 a 20 kW, sin embargo, los híbridos modernos tienen capacidades de 30 a 50 kW pero las distancias que podría recorrer con uso solamente del sistema eléctrico, es relativamente corta comparado con sus otras alternativas. Su batería tiene una capacidad de rangos entre 1 y 2 kWh.

- Vehículo híbrido de conectar (Plug-in): Del inglés “Plug-in hybrid electric vehicle (PHEV)”, es una combinación más sofisticada de un motor de combustión con un motor eléctrico. Con una batería adecuada, estos pueden funcionar con el sistema eléctrico una distancia adecuada. Se caracterizan por tener un motor eléctrico más robusto que los anteriores y con una capacidad de entregar potencias entre 30 a 80 kW. La batería tiene una capacidad aumentada de 3 a 10 kWh.
- Vehículo eléctrico de rango extendido: Traducción del inglés “Range extended electric vehicle (REEV)”, es un tipo de transporte eléctrico que utiliza un motor eléctrico más potente, pero tiene un motor de combustión secundario más pequeño para poder cargar la batería de tracción. También tiene la opción de poder cargar su batería en la red eléctrica, tiene una capacidad de entregar potencia de más 100 kW y capacidades de batería de alrededor de 15 kWh.
- Vehículo eléctrico de baterías: Este tipo en especial, funciona únicamente con un motor eléctrico y un sistema de baterías bien dimensionado. Para su carga se tienen dos conceptos, el primero, la carga por recuperación y la segunda, la carga por conexión a la red eléctrica. En esta rama de vehículos, los rangos varían mucho de acuerdo con los tipos de vehículos construidos y sus fabricantes. Así, los carros compactos, pueden llegar a tener sistemas de baterías con capacidades de 15 a 25 kWh y los más especializados, pueden alcanzar capacidades iguales o mayores a 60 kWh.
- Vehículo de celdas de combustible: Este tipo de vehículos, tiene un sistema especial de hidrógeno almacenado en un tanque, el cual, es su fuente primordial de energía. Los motores de tracción en este tipo de vehículos pueden entregar potencias en el rango de 30 a 100 kW. Tiene una pequeña batería de 1 a 2 kWh, para el sistema de recuperación.

NEDC: Del inglés (New European Driving Cycle), traducido como “Nuevo Ciclo Europeo de Manejo”, es un protocolo estandarizado con dinámicas bajas que no considera consumos auxiliares del vehículo como calentamiento y enfriamiento del vehículo. (Helms, Kamper, & Lambrecht, 2018)

WLTP: Del inglés (Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure), traducido como “Pruebas de procedimiento mundialmente armonizadas para vehículos ligeros”, el cual es un ciclo de manejo con protocolos estandarizados para operar vehículos bajo condiciones similares y obtener resultados reproducibles y comparables. (Egede, 2017)

2.2.5 Combustibles fósiles y combustión de hidrocarburos.

De acuerdo con lo que dice (Cengel & Boles, 2015), un combustible es todo material que puede ser quemado para que obtenga una reacción de liberación de energía. Se les conoce como hidrocarburos, porque están constituidos principalmente por hidrógeno y carbono, además de esto, se representan con una fórmula general C_nH_m .

La combustión, es una reacción química donde se oxida un combustible y de él, se libera cierta cantidad de energía que puede ser aprovechable para distintos procesos. En este proceso, los componentes antes de la reacción reciben el nombre de reactivos y los componentes posteriores, el nombre de productos. Así mismo, este combustible debe llevarse a su temperatura de ignición y debe tener contacto con cierta masa de aire, denominada estequiométrica, para poder ser llevado a cabo.

2.2.6 Ciclos de Otto, Diesel y Sabathé.

En la literatura (Cengel & Boles, 2015) se mencionan los distintos ciclos en su sección de ciclos de gases. Sobre el ciclo de Otto:

Estos autores mencionan que, el ciclo de Otto es el ciclo ideal para las máquinas reciprocantes de encendido por chispa. Nombrado en honor a Nikolaus Otto. Donde la máquina ideal de Otto con su ciclo se divide en 4 procesos esenciales:

- Compresión isentrópica.
- Adición de calor a volumen constante.
- Expansión isentrópica.
- Rechazo de calor a volumen constante.

Sobre el ciclo Diesel:

Se denomina el ciclo ideal para máquinas reciprocantes que poseen un encendido por compresión. Fue nombrado Rudolph Diesel en 1890. En estas máquinas, se comprime el aire hasta una temperatura que es superior a la temperatura de encendido del combustible y la combustión inicia al contacto con este con una masa de aire caliente. Sus etapas principales son:

- Compresión adiabática.
- Aportación de calor a presión constante.
- Expansión adiabática.
- Extracción de calor a volumen constante.

Sobre el ciclo de Sabathé:

Analizando lo que menciona (Flórez, Álvarez, & Agramunt, 2005), este ciclo, es un ciclo mixto entre el ciclo Otto y el ciclo Diesel, ya que, su comportamiento real es más complejo y este ciclo se aproxima mejor. Las etapas principales de este ciclo son:

- Compresión adiabática.
- Aportación de calor a volumen constante.
- Aportación de calor a presión constante.
- Expansión adiabática.

- Extracción de calor a volumen constante.

2.2.7 Poder calórico de un combustible.

La (Refinadora Costarricense de Petróleo, 2018) en su portal oficial, acota que “El calor de combustión es la cantidad de energía que produce un material (líquido, sólido o gas) al quemarse completamente. Se expresa en unidades de energía (MJ) por unidades de masa (kg) y varía dependiendo del tipo de combustible.” Es importante acotar que, dichos valores no son absolutos y pueden diferir dependiendo de sus propiedades químicas. Estas mismas definiciones son respaldadas por (Cengel & Boles, 2015).

El mismo ente provee una tabla de mediciones de sus productos en términos de este poder calórico, la cual es relevante ya que son estos los combustibles fósiles usados a nivel nacional.

Tabla 8. Poder calórico de distintos combustibles fósiles de uso en Costa Rica. Año 2018

Producto	Poder calórico (MJ/kg)
Búnker	42,46
Diesel 50	45,57
Gas licuado de petróleo (GLP)	48
Gasóleo	43,08
Gasolinas	45,5
Keroseno y Jet A-1	45,83

Fuente: Elaboración propia con datos de (Refinadora Costarricense de Petróleo, 2018)

2.2.8 Motor de combustión interna.

De acuerdo con lo que comparte (Sanz, 2017), un motor de combustión interna es una máquina que transforma la energía de una reacción química dada por combustible en energía mecánica. Se resalta que este tipo de motor es el que usan los automóviles convencionales. Usualmente son motores que se rigen por el ciclo de Otto si es solo de 2 etapas o de 4 etapas si es el ciclo de Diesel o ciclo de Otto de 4 etapas. El principio físico que lo rige yace en un mecanismo de biela-manivela.

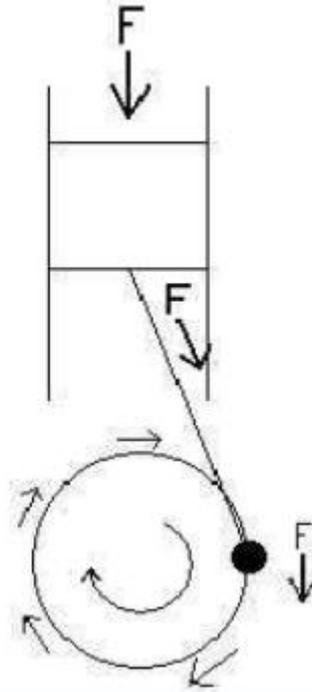


Figura 8. Principio físico del motor de combustión interna.

Fuente: Tomado de (Martinez-Villegas, 2007)

Este mecanismo, durante la ignición, la explosión de los gases mueve el pistón hacia abajo, transmitiendo la fuerza rectilínea por medio de la biela, en movimiento rotativo que se le adjudica al cigüeñal.

2.3 Marco legal

2.3.1 Plan Nacional de Desarrollo y de inversión pública del bicentenario 2019-2022.

En el ámbito nacional se encuentran entes que tienen como objetivo contribuir con el fortalecimiento de las capacidades del estado para definir objetivos, establecer prioridades, formular meta y asignar recursos, además, de dar seguimiento y evaluar los proyectos o programas que tienen como principal meta contribuir a enfrentar los desafíos que tienen el país, como es el caso del plan nacional de desarrollo e inversión pública, de MIDEPLAN, el objetivo 7 específicamente detalla cómo garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.

El país ha logrado grandes avances ambientales, donde sobresale la red eléctrica libre de emisiones, muy bajas tasas de deforestación. Para lograr esto, se ha visto sometida a cambios y modificaciones significativas, donde el área de movilidad y transporte (público y privado) sostenible sigue teniendo carencias. (Ministerio de Ambiente y Energía, 2018)

2.3.2 NEC 2014.

A nivel nacional también se cuenta con el código eléctrico nacional NEC 2014, es una adaptación del NFPA 70, la normativa comprensiva de la industria para seguridad eléctrica. (National Fire Protection Association, 2013) Que tienen apartados como el 210.17 donde habla sobre las conexiones pertinentes para carga de vehículos eléctricos.

2.3.3 Incentivo y Promoción para el Transporte Eléctrico.

Según la Ley No. 9518, sobre “Incentivo y Promoción para el Transporte Eléctrico.” (Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica., 2018). La cual incluye muchos capítulos y artículos sobre acciones tomadas para promover la adquisición de vehículos eléctricos. Donde discute las competencias de entes como el MINAE y MOPT como reguladores y veladores de que se cumplan las estipulaciones dadas. Además, menciona temas como exoneraciones sobre valor del vehículo, sobre refacciones, propiedad. Aunado a esto contempla temas sobre la restricción vehicular nula que se le da estos vehículos. Se toma en cuenta también, regulaciones para el transporte público y temas de financiamiento.

2.3.4. Plan Nacional de Transporte Eléctrico 2018-2030.

Es un documento que expone el plan del gobierno de la República de Costa Rica, de la mano del MINAE, MOPT y SEPSE. Se muestra un marco estratégico para cumplir los compromisos que adquirió Costa Rica en acuerdos internacionales como el Protocolo de Kioto, el Acuerdo de París, los Objetivos de Desarrollo Sostenible, e incluso, la Estrategia Energética Sustentable de Centroamérica 2020. Este plan maneja ejes como ambiente, salud, energía,

transporte, así como ordenamiento territorial, pero siempre yendo de la mano con el objetivo de electrificar el transporte nacional con fuentes limpias y renovables y con enfoque de reducir los gases de efecto invernadero y la dependencia de combustible fósiles. (Gobierno de la República de Costa Rica, 2018)

2.3.4. Protocolo de Kioto.

Según con la literatura consultada (Convención del marco de las Naciones Unidas para el cambio climático , 1998) y (United Nations Framework Convention on Climate Change, 2008), este acuerdo fue adoptado en Kioto, Japón en diciembre de 1997, y ejecutado en febrero de 2005. Este protocolo, tiene como objetivo estabilizar la concentración de gases de efecto invernadero hasta un nivel donde no sea perjudicial su interferencia con el cambio climático.

2.3.4. Acuerdo de París.

El acuerdo de París es un tratado firmado en la COP21, con el fin de poder combatir el cambio climático y fortalecer las acciones e inversiones que se estaban tomando para reducir todas las emisiones de carbono. Su eje principal radica en reforzar las acciones mundiales para mantener el aumento global de temperatura por debajo de 2 °C.

2.3.4. Objetivos del desarrollo sostenible.

Se les atribuye también el nombre de “Objetivos Mundiales”, son 17 objetivos planeados que aprobaron en 2015 por los países miembros del Programa de Naciones Unidas con el fin de detener la pobreza, proteger al planeta y asegurar paz y un ambiente de prosperidad a nivel global para 2030. En esencia, buscan que se alcance una estabilidad medio ambiental, económica y social. (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2015)

Para este caso particular, se enfocarán los siguientes objetivos como guías para el proyecto y que interesan a la empresa:

- **Objetivo 7. Energía asequible y no contaminante:** Busca garantizar el acceso a energías seguras, sostenibles y modernas. También, aumentar la proporción de energías renovables en los conjuntos de fuentes de energía. Aunado a estos, duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética. Así como, mejorar la cooperación internacional en cuanto a desarrollo de tecnología e investigación y mejorar las infraestructuras que permitan estos cambios.
- **Objetivo 9. Industria, innovación e infraestructura:** Las metas que maneja este objetivo yacen en desarrollar infraestructura fiable, sostenible, resiliente y de calidad para apoyar el desarrollo económico y el bienestar humano, manteniéndolo asequible y equitativo. Busca promover la industrialización inclusiva y sostenible, para aumentar el empleo. Quiere aumentar el acceso de las pequeñas industrias y demás empresas, con énfasis en los países en desarrollo, así como a sus servicios financieros. Hace una acotación a la modernización en infraestructura con el fin de hacer a las industrias más sostenibles, que aprovechen mejor los recursos y adopta nuevas tecnologías.
- **Objetivo 13. Acción por el clima:** Su meta es fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos climáticos y los desastres naturales. Busca promover medidas para el cambio climático en política, planes nacionales y estrategias afines. Además, busca mejorar la educación, sensibilización y capacidad humana e institucional para mitigar el cambio climático.

2.4 Impacto ambiental.

2.4.1 Cambio climático.

Durante el último siglo, la actividad humana, en particular el consumo de combustibles fósiles ha liberado cantidades de dióxido de carbono y de otros gases de efecto invernadero suficientes para retener más calor en las capas inferiores de la atmósfera y alterar el clima

mundial. Este fenómeno crea un aumento en temperatura relativa del planeta, generando la fundición de los glaciares, cambios en los regímenes de lluvias y que los fenómenos meteorológicos extremos sean cada vez más intensos y frecuentes. Aunque este calentamiento mundial puede tener algunos beneficios localizados, menor mortalidad por inviernos fuertes y aumento de producción de alimentos en algunas zonas, los efectos globales son negativos. (Intergovernmental Panel on Climate Change., 2013)

2.4.2 Emisiones antropogénicas.

Se refiere a antropogénico como los efectos, procesos o materiales del resultado de actividades humanas en diversos campos. De los cuales, los principales gases de efecto invernadero (GEI) son derivados de la quema de combustibles fósiles y de la actividad humana son, el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O), estos coinciden con los datos de (Instituto Meteorológico Nacional, 2019). De los dos últimos mencionados, se puede decir que poseen un efecto invernadero muy superior al CO_2 , pero su presencia en la atmósfera es reducida de forma considerable comparada con este. De esta manera, el CH_4 tiene un potencial de efecto invernadero 23 veces superior al CO_2 , pero su concentración es 220 veces inferior al CO_2 . Por tanto, los estudios se concentran en las emisiones de CO_2 . (Asociación Canaria de Meteorología, 2020)

Las fuentes causantes del CO_2 , provienen tanto de la quema de combustibles a nivel de transporte e industrial, tanto como de la deforestación, disminución de la vegetación que es capaz de absorber dicho gas, por ende, se generó un aumento de este en la atmósfera. Alrededor de un 50% del CO_2 generado se almacena en esta capa.

Según (U.S Department of Energy , 2020), en su departamento de información para el análisis de dióxido de carbono, dentro de la clasificación mundial de los países con emisiones totales de dióxido de carbono proveniente por lo quema de combustibles fósiles, la producción

de cemento y la quema de gas, expresados en miles de toneladas métricas de carbón, Costa Rica está ubicada en la posición 110 con un total de 2116 toneladas.

2.4.3 Gases de efecto invernadero.

De acuerdo con (Ballesteros & Aristizabal, 2007), los gases de efecto invernaderos son todos aquellos que forman parte de la atmósfera, ya sean por emisiones naturales o antropógenos, estos gases tienen la capacidad de absorber energía, esta se transforma en movimiento molecular interno y produce un aumento de la temperatura. Entre estos gases se encuentra el dióxido de carbono, este es el principal responsable del calentamiento global; el metano, generado por las fermentaciones producidas por bacterias anaeróbicas; el óxido nitroso, producto del uso de fertilizantes nitrogenados; los clorofluorocarbonos que se encuentran naturalmente en pequeñas concentraciones en la atmósfera, estos son utilizados en la industria de la refrigeración y el ozono troposférico originado por la quema de fuentes de energía.

2.4.4 Factores de emisión de gases de efecto invernadero.

Según los datos obtenidos de (IMN & MINAE, 2015), cada litro de combustible quemado por un motor de combustión interna conlleva la emisión de diversos gases, entre ellos el dióxido de carbono; este gas es uno de los más preocupantes de los gases de efecto invernadero. Esto se debe a que sus concentraciones en el ambiente son alarmantes y el que presenta mayor emisión al ambiente. Como se muestra en la figura 2.1, el dióxido de carbono es el gas más emitido por cada uno de los sectores descritos.

Tabla 9. Emisión de gases en el sector energía en Costa Rica. Año 2015

Subsector	Gas emitido (Gg)		
	CO2	CH4	N2O
Industria de la energía	103,2	0,05	0,01
Industria de manufactura y construcción	1085,96	0,56	0,08
Transporte	5394,13	1,44	0,31
Otros sectores	410,59	1,92	0,03
Emisiones fugitivas	86,76	0	0
Total	7080,64	3,97	0,43

Fuente: Elaboración propia con datos de (Ministerio del Ambiente y Energía., 2019)

Tabla 10. Emisión de gases en la industria de la energía. Costa Rica. Año 2015

Tipo de industria	Gas emitido		
	Emisión de CO2 (Gg)	Emisión de CH4 (Gg)	Emisión de N2O (Gg)
Generación de electricidad	73,19	0,042	0,006
Refinación de petróleo	29,95	0,001	0,0002
Producción de carbón vegetal	0	0,007	0,001
Total	103,2	0,049	0,0072

Fuente: Elaboración propia con datos de (Ministerio del Ambiente y Energía., 2019)

Los factores de emisión son presentados por el Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica, para ser utilizados en inventarios de gases de efecto invernadero. En el sector de energía y transporte se incluyen los factores de emisión más comunes, tabla 2.1. (Instituto Meteorológico Nacional, 2019)

Tabla 11. Factores de emisión de dióxido de carbono en el sector de energía. Costa Rica. 2019

Combustible	Factor de emisión (kg CO2/ L combustible)	Incertidumbre	
		Límite superior (%)	Límite inferior (%)
Gasolina	2,231	4,59	5,89
Diésel	2,613	3,12	3,19
Búnker	3,101	3,57	3,65
Queroseno	2,541	3,83	4,1
LPG	1,611	8,41	9,16
Gasolina de avión	2,227	7,94	23,5
Jet fuel	2,505	4,68	5,32

Fuente: Elaboración propia con datos de (Instituto Meteorológico Nacional, 2019)

Tabla 12. Principales fuentes de emisión de gases de efecto invernadero para Costa Rica de acuerdo al análisis de tendencias. Año 2019

Tipo de Gas	Categoría de fuente	Contribución (%)	Total acumulado (%)
CO ₂	Por la combustión móvil: transporte terrestre	23	23
	Tierra forestal que se convierte a pasto	15,6	38,6
	Tierra forestal que se convierte a cultivo	11,5	50,1
	Conversión a tierras forestales	6,1	56,2
	Producción de cemento	3,3	59,5
	Generación de electricidad	2,8	62,3
	Otras industrias	2,4	64,7
	Industria de alimentos, bebidas y tabaco	2,2	66,9
	Sector residencial	0,8	67,7
	Otros sectores: Agricultura/ forestal/ pesca	0,6	68,3
	Sector comercial	0,6	68,9
	Incineración e incineración abierta	0,5	69,4
	Fermentación entérica	10,7	80,1
	Disposición de residuos sólidos	5,8	85,9
CH ₄	Tratamiento de aguas residuales domésticas	2,6	88,5
	Producción de arroz	1,3	89,8
N ₂ O	Suelos agrícolas	3,5	93,3
HFC	Uso de SAOs	1,6	94,9

Fuente: Elaboración propia con datos de (Instituto Meteorológico Nacional, 2019)

Tabla 13. Factores de emisión de GEI para el área de la electricidad en el país.

Sector energía	
Año	Factor de emisión kg CO ₂ /kWh
2018	0,0395
2017	0,0754
2016	0,0557
2015	0,0381
2014	0,117
2013	0,13

Fuente: Elaboración propia con datos de (Instituto Meteorológico Nacional, 2019)

A nivel industrial, según lo que estipula el (Instituto Meteorológico Nacional, 2019), para el uso de lubricantes, se dice que estos producen 0,5101 kgCO₂ por cada litro de lubricante.

2.4.5 Inventario de emisiones.

De acuerdo con la literatura consultada de (Herrera J. , 2011) los inventarios de emisión son una herramienta de carácter estratégico para gestionar la calidad del aire de forma regional y urbana identificando cuales son los principales contaminantes, en qué cantidad se producen y cómo varía en el espacio geográfico y en el tiempo. Cuando se conocen las fuentes, tipo y cantidades, usando esta herramienta, es posible lograr diseñar las medidas o protocolos necesarios para reducir de las emisiones contaminante de parte de los agentes identificados.

2.5 Temas sobre Mantenimiento Industrial.

2.5.1 Análisis del ciclo de vida útil.

De acuerdo con lo que expone (Haya, 2016), el análisis de ciclo de vida es una herramienta de gestión que se emplea con el fin de analizar de forma objetiva, metódica, sistemática y científica, el impacto en diversos campos, como el ambiental y financiero, de algún producto o proceso desde su creación hasta su disposición final.

Según sugiere la literatura, (Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica, 2007), (Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica., 2007), en Costa Rica existen las normas INTEISO 14040 y 14044, que hablan sobre la gestión ambiental y el análisis de ciclo de vida, donde exponen cuales son los requerimientos para emplear estudios de esta índole y los procedimientos para ejecutarlos de manera estándar.

También, (Tavares, 2000) acota sobre el uso del mantenimiento predictivo y herramientas como las curvas de Weibull para definir la “curva del ciclo de vida” y denotar qué tan propenso es un equipo por fallar según las etapas de su vida en uso.

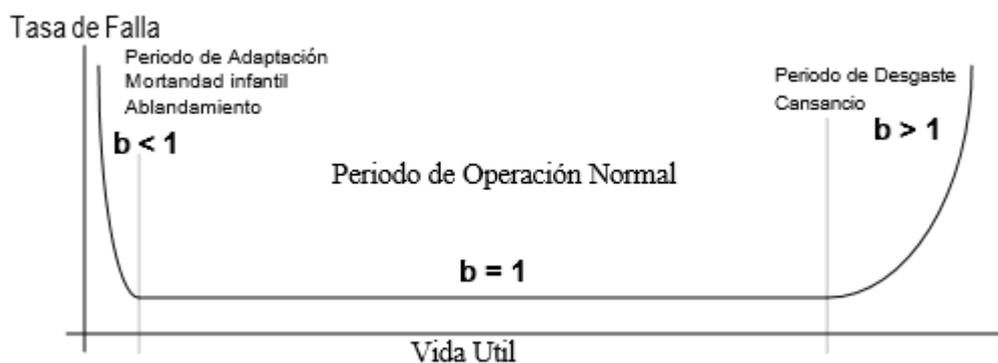


Figura 9. Curva del ciclo de vida de un equipo.

Fuente: Extraído de (Tavares, 2000)

Aunado a esto, el mismo autor, menciona sobre los costos de ciclo de vida útil, como una etapa de un proceso de mantenimiento preventivo, donde estos costos, son obtenidos por la suma de costos de adquisición(diseño, fabricación, transporte e instalación) que usualmente representan el 25% del ciclo de vida del proceso o producto y funcionamiento(que serían la suma de los costos de operación y mantenimiento directos e indirectos, incluyendo las pérdidas de producción por cualquier motivo, ya sea, mala calidad, paradas para mantenimiento, entre otros).

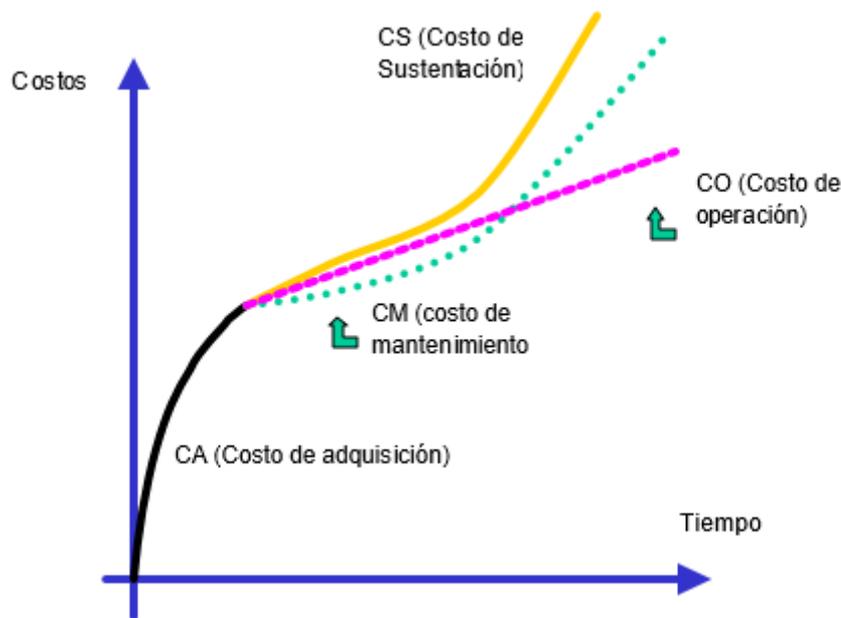


Figura 10. Curva de costos de vida de un equipo.

Fuente: Extraído de (Tavares, 2000)

Cómo explica el (Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica, 2007), (Egede, 2017) el método de análisis de ciclo de vida, en inglés (LCA: Life Cycle Assessment), está basado en 6 principios: La consideración del ciclo de vida entero, el aspecto del ambiente, los aspectos referentes a la unidad funcional, el acercamiento por el método iterativo, la transparencia del método y la consideración de todos los impactos al ambiente, salud humana y recursos utilizados.

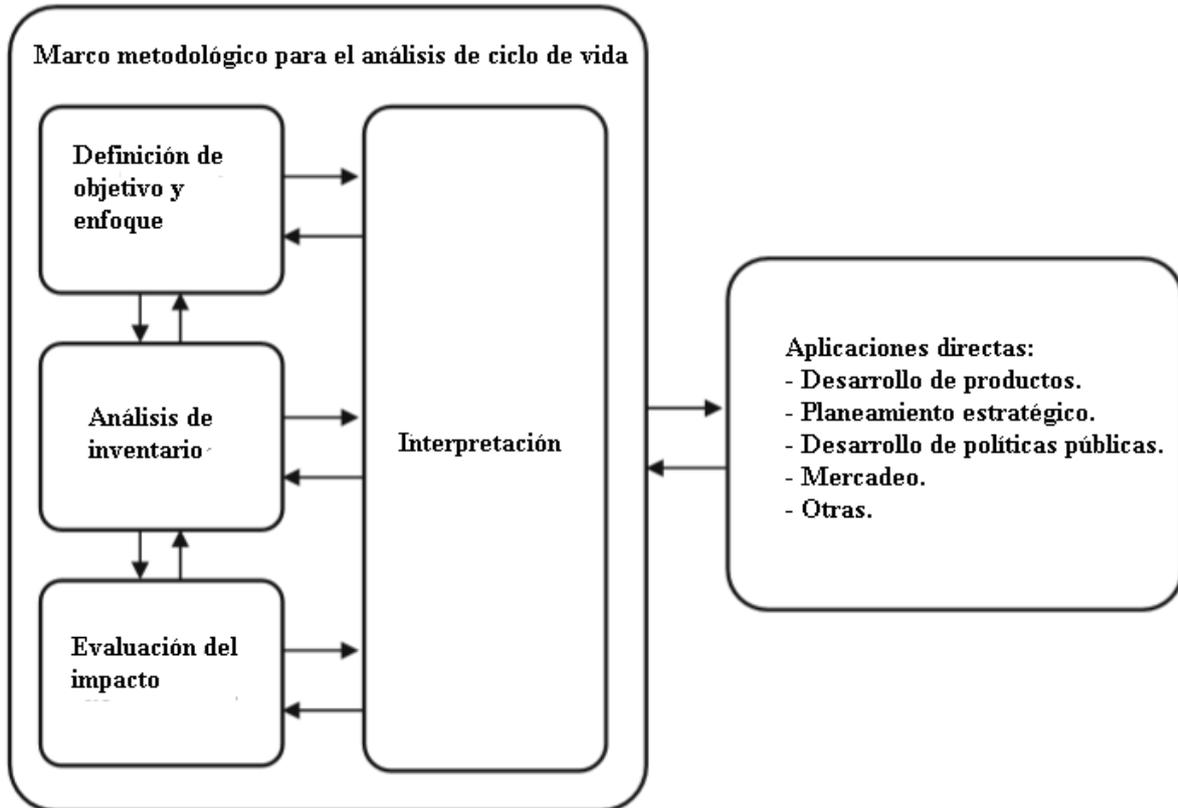


Figura 11. Marco metodológico del análisis de ciclo de vida.

Fuente: Traducción según información (Egede, 2017) y (Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica., 2007)

Ahora, enfocándose en un caso específico para automóviles, (Messagie, 2017) habla de etapas en las que se puede seccionar el estudio del ciclo de vida para VEs y VCIs .

- 1) Estación Pozo a tanque (WTT).
- 2) Tanque a rueda (TTW).
- 3) Manufactura de la carrocería, mantenimiento y reciclado del vehículo.
- 4) Manufactura del sistema de propulsión (motor, batería y electrónica).

Es posible realizar un acercamiento y estudio sobre el ciclo de vida de un vehículo, solo en términos de costos asociados a su producción, uso y posterior reciclaje, sino también, sobre la emisión de los gases de efecto invernadero que produce durante este ciclo. Este proceso se ejemplifica en la siguiente Figura:

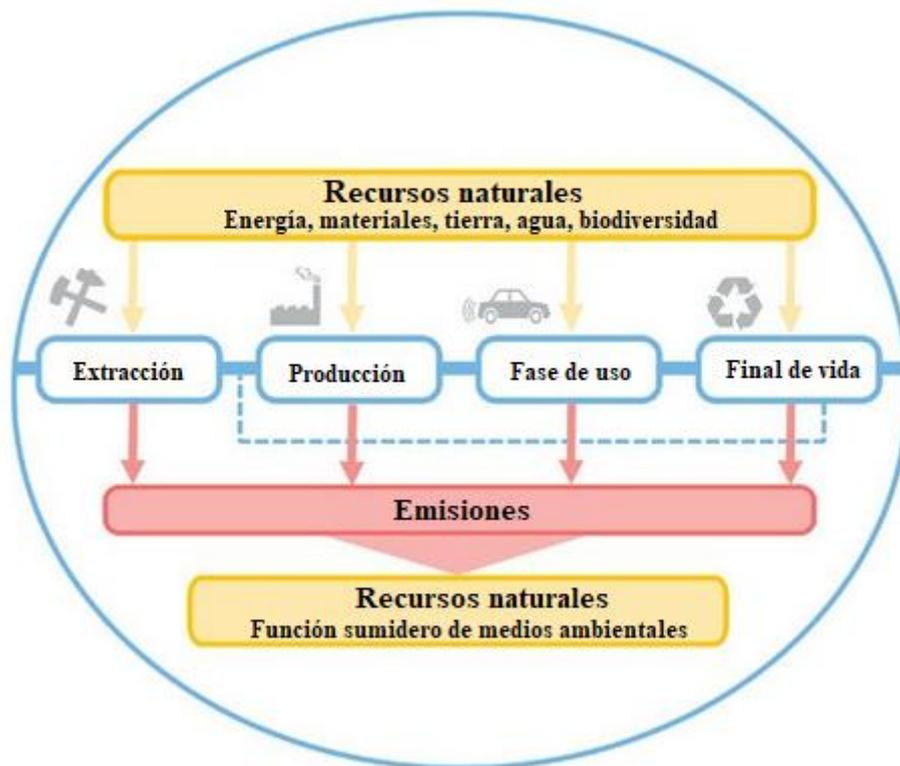


Figura 12. Diagrama de ciclo de vida de vehículos.

Fuente: Traducción de (Helms, Kamper, & Lambrecht, 2018)

Se hace la acotación que para efectos de este trabajo, la fase de extracción de los materiales para la elaboración de los vehículos y sus componentes, no representa una prioridad.

CAPÍTULO 3

DESARROLLO DEL ESTUDIO

En este capítulo se van a desarrollar los estudios pertinentes sobre la flota actual de vehículos y la correspondiente sobre los modelos de VE propuestos para su sustitución. Se toman en cuenta factores como la huella de carbono producida en cada caso, su viabilidad financiera, aspectos de mantenimiento, incluso métricas con indicadores de desempeño claves para comparar las opciones.

3.0.1 Estudio de la flotilla actual.

La compañía cuenta actualmente con cuatro vehículos del fabricante Suzuki. Dos de ellos, modelo Swift, año 2017 y los dos, modelo APV Panel Van, también año 2017. Estos vehículos están asignados a los departamentos de reparación y averías.

Tabla 14. Especificaciones técnicas de los vehículos actuales.

Marca	Modelo	Motor	Tracción	Peso Bruto(kg)	Capacidad		
					Personas	Carga (kg)	Tanque (l)
Suzuki	Swift 2017	Gasolina. 1,2L VVT	2WD	1480	5	S. D	42
	APV Panel 2017	Gasolina. 1,6L	2WD	1950	2	1000	46

Fuente: Elaboración propia con datos de (Suzuki CR, 2017) y (Suzuki CR, 2017)

Tabla 15. Especificaciones técnicas de los motores de los vehículos actuales.

Modelo	Tipo	Cilindraje (cm ³)	Máxima potencia (kW/RPM)	Máximo torque (Nm/RPM)	Sistema de distribución	Rendimiento	
						Velocidad (km/h)	Eficiencia del combustible (km/l)
Swift 2017	K12M	1197	64/6000	114/4000	Inyección multipunto	170	16,5
APV Panel 2017	G16A	1600	68/5750	127/4500	Inyección multipunto	S. D	11,5

Fuente: Elaboración propia con datos de (Suzuki CR, 2017) y (Suzuki CR, 2017)

3.0.2. Rutas de los vehículos.

Para el estudio de las rutas, se toman en cuenta los lugares donde se tienen instalados equipos con contratos para mantenimiento y reparación. Las distancias dadas son el promedio de las rutas disponibles partiendo desde la oficina de la empresa que es donde usualmente se parte al recoger las refacciones o herramientas pertinentes para otorgar los servicios de mantenimiento. La distancia recorrida mensual es un aproximado empírico de 5 veces la distancia promedio. Esto debido a que, por mes, se visita cuatro veces cada sitio si no tiene problemas y la tercera es un factor de compensación por el recorrido de ida y vuelta o de un sitio a otro según se requiera, por lo que, por simplicidad, se hace dicha aproximación.

Tabla 16. Rutas de la flotilla de la empresa.

Ruta	Destino	Distancia promedio (km)	Distancia recorrida mensual (km)
1	Multiplaza Escazú	14,03	70,15
2	Lincoln Plaza	5,5	27,5
3	Pricemart Santa Ana	20	100
4	Pricemart Tres Ríos	10,5	52,5
5	Condominio Calle Margarita	19,23	96,15
6	Escazú Business Center	14,23	71,15
7	IMN	1,15	5,75
8	Hospital Máx Peralta	23,45	117,25
9	Marina Pez Vela	172	860
10	Mall San Pedro	1,85	9,25
11	Condominio 101 Escalante	0,45	2,25
12	Grupo Roble	13,7	68,5
13	Edificio Sigma	1	5
14	Bambú Ecourbano	8,1	40,5
15	Condominio Cortijo Los Laureles	11,1	55,5
16	INS San José	1,8	9
17	Combai	13,1	65,5
18	Parque empresarial del este	3,9	19,5
19	Bimbo	7,7	38,5
20	Baxter	21,6	108
Total aproximado		364,39	1821,95

Fuente: Elaboración propia.

3.0.3. Costos de la gasolina regular y plus.

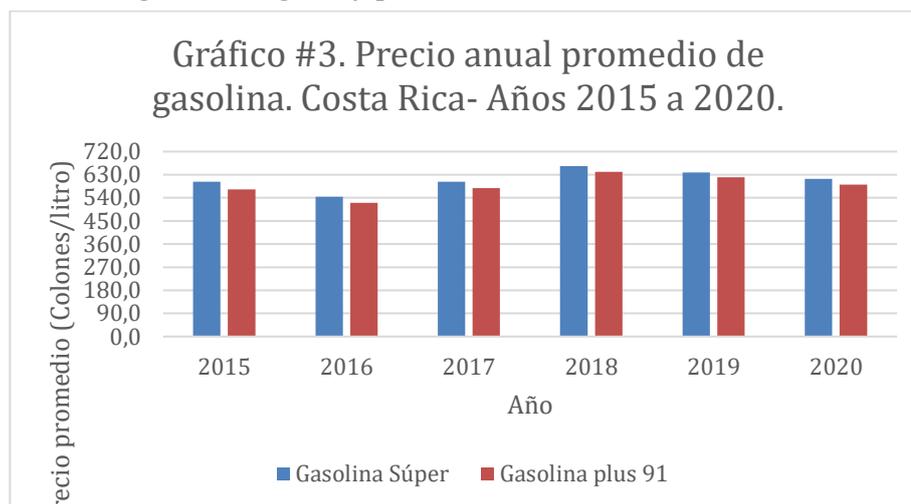


Figura 13. Precio anual promedio de gasolina. Costa Rica- Años 2015 a 2020.
Fuente: Elaboración propia con datos de (Refinadora Costarricense de Petróleo, 2020)

3.0.4. Distribuidores de centros de carga.

Tabla 17. Proveedores de cargadores de VE.

Distribuidor	Zauto-motores		Top Energy		Schneider Electric		ABB	Mechatronics Systems			
	Modelo	-	e-Home	Wall Box eBasic	Wall Box RVE	Urban 10	Urban 20	-	-	ELCO Flyer	
Características pertinentes	Tensión de alimentación y tolerancia (240 VAC ± 10%)	x	x	x	x	x	x	No hay registro de venta de cargadores en centroamérica.	Solo cargadores de 480 Vcc.	X	
	Tensión de salida (240 VAC (nivel II))	x	x	x	x	x	x			x	
	Potencia (7.2 kW por tomacorriente)	x	x	x	x	x	x			x	
	Corriente (32 amperios)	x	x	x	x	x	x			x	
	Frecuencia de Operación (60 Hz)	x	x	x	x	x	x			x	
	Temperatura de protección (Desde -20C hasta +50C)				x						
	Tipo de Conector (SAE J1772 con cable incluido)	x	x			x					x

Fuente: Elaboración propia con datos de (Calvo-Román, 2019)

Tabla 18. Continuación. Proveedores de cargadores de VE.

	Distribuidor	Zauto- motores	Top Energy				Schneider Electric	ABB	Mechatronics Systems	
	Modelo	-	e- Home	Wall Box eBasic	Wall Box RVE	Urban 10	Urban 20	-	-	ELCO Flyer
Características pertinentes	Grado de protección (IP 45)	x	x	x	x	x	x			
	Comunicación (Puerto Ethernet RS-485)					x	x			
	Sistema de lectura (Tarjetas RFID)				x		x			
	Lector RFID (ISO 14443 ^a)				x		x			
	Protocolo de comunicación (Compatible OCPP 1.6 o superior)									
	IEC 61851-1: 2010			x	x	x	x			x
	IEC 61851-22: 2002			x						x
IEC 62196-1: 2014			x						x	
	Precio (\$)	775	1000	1500	1500	5000	5000			565

No hay registro de venta de cargadores en centroamérica.

Solo cargadores de 480 Vcc.

Fuente: Elaboración propia con datos de (Calvo-Román, 2019)

3.0.5. Costos y consumos de la electricidad residencial y comercial.

Se consideran a continuación los costos de la energía en Costa Rica dada por las diferentes empresas que se encuentran en el mercado, así como, los consumos promedios de energía por sectores en distintos ámbitos. Son estos costos y promedios los que se toman en cuenta a la hora de desarrollar el estudio financiero.

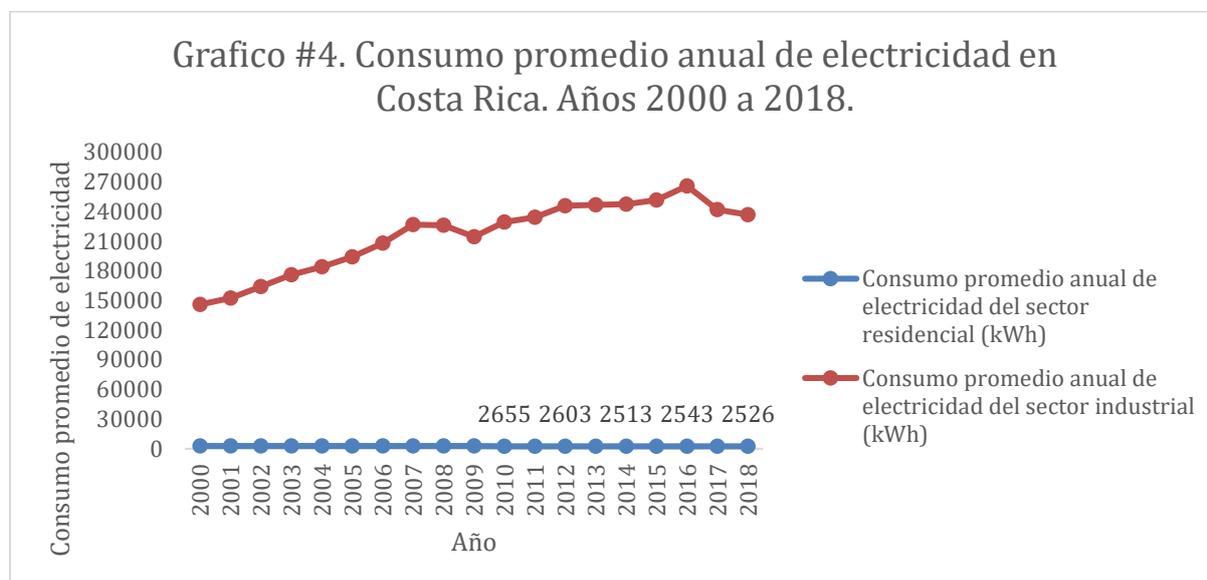


Figura 14. Consumo promedio de electricidad en Costa Rica. Residencial e Industrial.

Fuente: Elaboración propia con datos de (Programa Estado de la Nación, 2020)

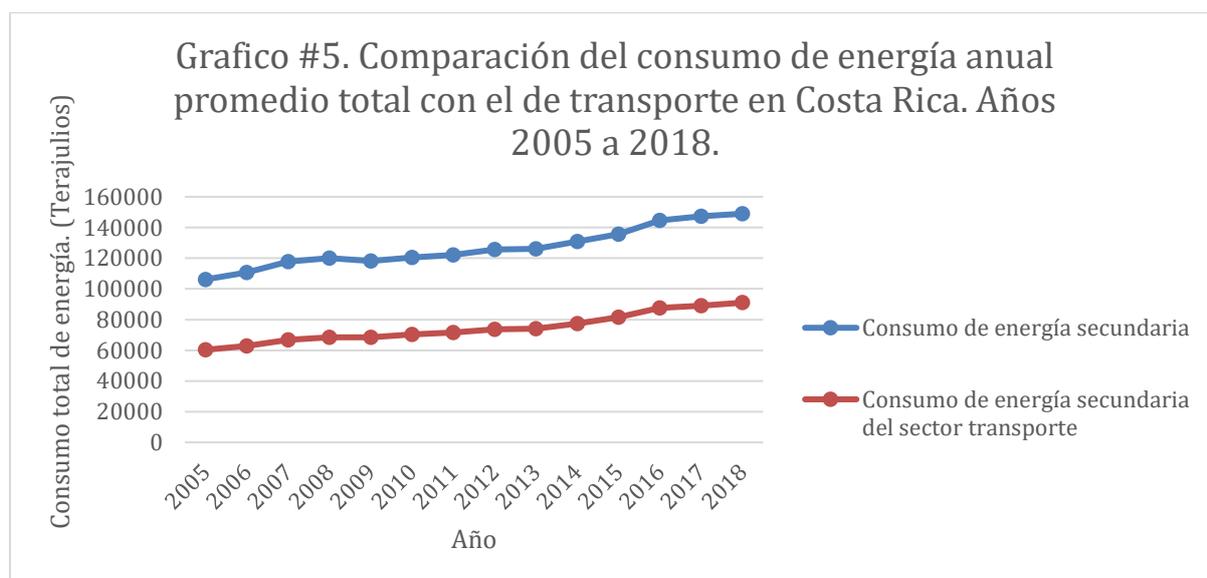
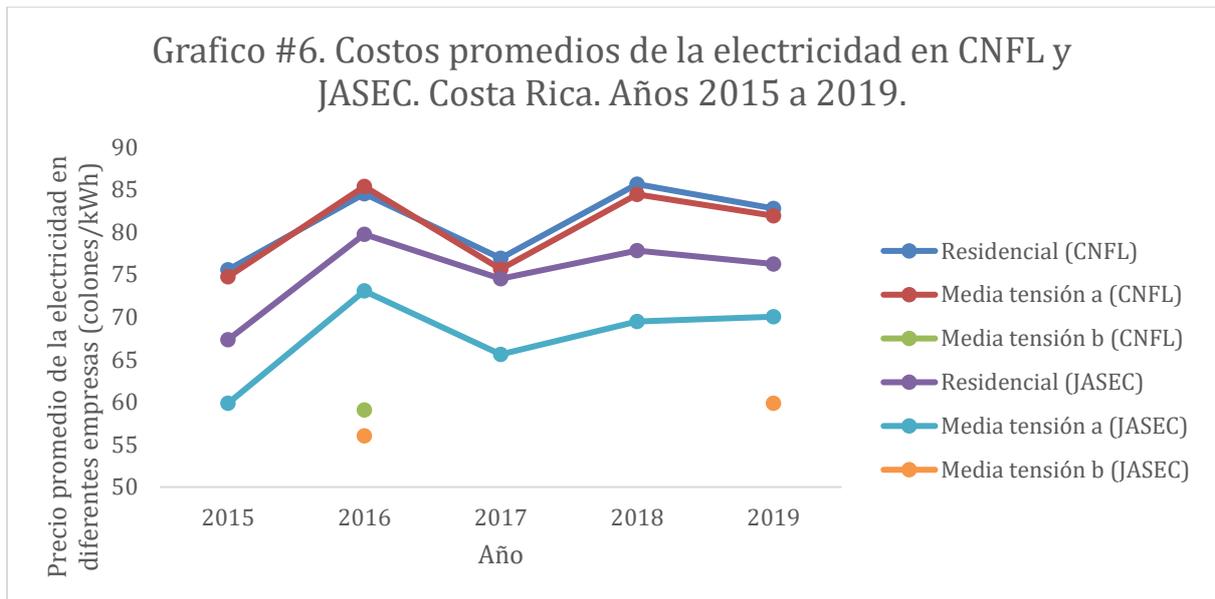


Figura 15. Consumo anual de energía del sector transporte comparado con el total.

Fuente: Elaboración propia con datos de (Programa Estado de la Nación, 2020)



*Figura 16. Precio promedio de la electricidad en tarifas residencial y media tensión en JASEC y CNFL.
Fuente: Elaboración propia con datos de (ARESEP, 2020)*

Estos datos adjuntos muestran básicamente, el comportamiento de los precios de la energía eléctrica en el país aportados por diferentes empresas que otorgan el servicio. El gráfico 5, muestra entonces el consumo de energía nacional en el sector transporte que respalda la pertinencia del ahorro de energía mediante estos medios de transporte.

3.0.6. Vehículos disponibles en el mercado.

Tabla 19. Lista actualizada de vehículos eléctricos en Costa Rica hasta marzo 2020.

Marca	Modelo	Estilo	Batería (kWh)	Potencia (kW)	Autonomía (km)	Torque (Nm)	Pasajeros
Audi	E-Tron	SUV	82	225	402 (EPA)	460	5
BMW	i3s	Hatchback	42,2	125	245 (EPA)	249,5	4
ByD	e1	Sedan	32,2	45	305(NEDC)	110	5
ByD	e5	Sedan	51,2	100	405(NEDC)	180	5
ByD	Song Pro EV	SUV	71	137	502(NEDC)	280	5
ByD	T3	VAN	48	160	250(NEDC)	310	2 o 5
ByD	Tang	SUV	82,8	183	520(NEDC)	330	5
ByD	Yuan EV535	SUV	53,22	122	410(NEDC)	280	5
ByD	Yuan EV360	SUV	40,62	71	305(NEDC)	180	5
Great Wall	ORA R1	Sedan	33	35	310(WLTP)	125	4
Hyundai	Ioniq	Sedan	38,3	100	293(WLTP)	295	5
JAC	iEV7S	SUV	42,8	93	320(NEDC)	270	5
Jaguar	I-PEACE	SUV	90	294	480(WLTP)	696	5
MG	ZS EV	SUV	44,5	105	262(WLTP)	353	5
Maxus	EV 30	VAN	35	71	230(NEDC)	220	2
Nissan	Leaf	Hatchback	40	110	260(WLTP)	320	5
Nissan	Leaf e+	Hatchback	62	160	385(WLTP)	339	5
Renault	Kangoo	VAN	33	44	270(NEDC)	225	5
Renault	Zoe	Hatchback	52	80	390(WLTP)	225	5
Xpeng	G3	SUV	50,5	145	401(NEDC)	300	5
Yudo	Pi 1	SUV	49,8	90	426(NEDC)	270	5

Fuente: Elaboración propia con datos de (Ministerio de Ambiente y Energía. Dirección de Energía., 2020)

Esta lista es la oficial aportada por la Dirección de Energía del MINAE, dicho ente es el encargado de llevar al día las regulaciones sobre vehículos eléctricos, normativas, tarifas, ventas y manejo de la mano con el Registro Nacional.

3.0.7 Características técnicas de los VE disponibles.

Debido a las características de la flota actual, para esta evaluación se toman en cuenta solos vehículos tipo sedán, hatchback y tipo van disponibles.

Tabla 20. Características técnicas de los vehículos seleccionados para reemplazar la flota actual.

Estilo	Marca	Modelo	Transmisión	Batería			Carga		Desempeño		Peso Bruto(kg)
				Tipo	Voltaje(V)	Celdas	Poder de carga (kW)	Tiempo de carga (horas)	Velocidad máxima(km/h)	Consumo (Wh/km)	
Sedan	ByD	e1	BYDNT11	NCM	306,6	84	GB AC 6.6/DC 30	AC-5 / DC-1,1	101	105,6	1445
		e5	Electro asistida	Hierro Fosfato	SD ¹	SD	AC 7 / DC 60	1,5	130	126,4	1845
	Great Wall	ORA R1	Automática	Polímero de litio	SD	SD	SD	AC-10 / DC -1	102	106,5	1287
	Hyundai	Ioniq	Electro asistida	Li-ion	360	SD	AC 7 / DC 75	SD	165	131	1880
	BMW	i3s	Automática	Li-ion	353	12	AC 11 / DC 50	AC-8	150	165	1365
Hatchback	Nissan	Leaf	Automática	SD	SD	SD	AC 6,6/ DC 50	AC-8/ DC-1	144	140	1544
		Leaf e+	Automática	SD	SD	SD	AC 6,6 / DC 50	AC-11,5/ DC- 1,5	160	172	1544
	Renault	Zoe	Eléctrica	Li-ion	400	192	AC 2-22 / DC 50	AC-25/ DC- 1	135	172	1502
VAN	ByD	T3	Electro asistida	NCM	SD	SD	AC 7/ DC 40	AC-7,2/ DC-1,3	100	165	2420
	Maxus	EV 30	Automática	SD	SD	SD	AC 7/ DC 60	SD	SD	150	SD
	Renault	Kangoo	Automática	SD	SD	SD	AC 7,4	AC - 5	130	120	1730

Fuente: Elaboración propia con datos de (Electric Vehicle Data Base, 2020) y (U.S Department of Energy, 2020)

¹ SD: Sin datos disponibles sobre la categoría.

Tabla 21. Características sobre vida del vehículo y sus componentes para los VE estudiados para reemplazo.

Estilo	Marca	Modelo	Vida Batería (Años)	Vida Batería (km)	Vida Vehículo (Años)	Vida vehículo (km)	Precio (\$)
Sedan	ByD	e1	8	50000	6	150000	26000
		e5	8	50000	6	150000	31500
	Great Wall	ORA R1	SD	SD	SD	SD	20000
	Hyundai	Ioniq	10	SD	10	SD	34900
	BMW	i3s	15	SD	15	SD	60000
Hatchback	Nissan	Leaf	8	160000	SD	SD	42900
		Leaf e+	8	160000	SD	SD	50000
	Renault	Zoe	8	160000	6	100000	29990
VAN	ByD	T3	15	SD	SD	SD	32000
	Maxus	EV 30	SD	SD	SD	SD	35000
	Renault	Kangoo	SD	SD	SD	SD	30000

Fuente: Elaboración propia con datos de (Ministerio de Ambiente y Energía. Dirección de Energía., 2020)

3.0.8 Costos aproximados de mantenimiento para los VE y VCI.

Tabla 22. Costos de servicios de mantenimiento para VCI..

Precio	Rangos de oscilación de precios del servicio (colones)								
	10000	25000	50000	75000	100000	150000	300000	500000	1000000
Servicios de agencia			X	X	X	X	X	X	
Cambio de aceite	X	X	X	X	X	X	X		
Cambio de llantas			X	X	X	X	X	X	
Reemplazo de filtros	X	X	X	X	X				
Cambio de bujías		X	X						
Suspensión							X	X	
Frenos			X	X	X	X	X	X	
Motor							X	X	
Caja de cambios							X	X	X
Dirección						X	X		
Escobillas	X	X							
Luces	X								
Accesorios	X	X	X	X	X				

Fuente: Elaboración propia con datos de (Rojas, 2020)

3.1 Sobre el marco legal pertinente.

3.1.1. Leyes.

- Ley No. 7414, Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio climático (ONU)

En esta ley se aprueba la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático con los anexos I y II, que fue hecha en New York el 9 de mayo de 1992 y firmada en Costa Rica hasta el 13 de junio de 1992

El objetivo es lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero a un nivel que impida las interferencias de antropógenos peligrosos para el sistema climático. Esto debe lograrse en un lapso adecuado para que los ecosistemas se adopten naturalmente al cambio climático (Asamblea Legislativa de Costa Rica, 1998)

- Ley No. 8219, Aprobación del Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático

Esta ley fue publicada el 03 de julio de 2002, por medio de esta se aprueban cada una de las partes del protocolo de Kyoto de CMNUCC, que fue firmado en Kyoto el 27 de abril de 1998.

En esta ley se establece el compromiso del país con la formulación de programas nacionales para llegar a mejorar la calidad de los factores de emisión junto con los datos de actividad y/o modelos que sean eficaces en relación de costo y que reflejan la condición socioeconómica de cada parte para la realización y una actualización periódica de cada uno de los inventarios nacionales de las emisiones antrópicas. (Asamblea Legislativa de Costa Rica, 03 de Julio de 2002)

- Ley No. 9405, Aprobación del Acuerdo de París

Fue aprobada el 6 de octubre del 2016, mediante la cual se aprueba cada uno de los puntos establecidos en el acuerdo de París firmado en la ciudad de New York el 22 de abril de 2016 (Asamblea Legislativa de Costa Rica, 2016)

Costa Rica formó parte de este convenio en el 2015 junto a 195 países más, por lo cual se considera de alcance universal. Por medio de este acuerdo el país se involucra a las Contribuciones Nacionalmente Determinadas que van a la atenuación del cambio climático aspirando con esto a un cambio sobre la economía baja en emisiones (MINAE, 2019)

En este acuerdo los dos principales compromisos que acoge el país son:

A) El país se compromete a un máximo absoluto de emisiones de 9 374 millones de TCO₂ equivalentes netos para el 2030, llegando con una propuesta de emisiones de 1,73 toneladas netas per cápita para el 2030. El compromiso nacional implica una reducción de emisiones de GEI de 44%, para llegar a su meta Costa Rica tendrá que reducir 170.500 toneladas de GEI año con año hasta el 2030

B) Lograr una economía Carbono Neutral para el año 2021, se plantea este alcance con emisiones netas comparables al total de las emisiones del 2005. Hasta el momento las metas acordadas por las partes de CMNUCC han cambiado y todos los esfuerzos de los países deben estar enfocados en poder mantener el aumento de temperatura promedio mundial por debajo de los 2 °C. (Asamblea Legislativa de Costa Rica, 03 de Julio de 2002)

- Ley No.8839, Ley para la Gestión Integral de Residuos.

Por medio de esta ley se regula la gestión integral de residuos y el uso eficiente de los recursos, por medio de planificación y ejecución de acciones reguladoras, operativas, financieras, administrativas, educativas, ambientales y saludables de monitoreo y evolución. Esta ley regula personas físicas o jurídicas, públicas o privadas, generadores de residuos de toda clase, excepto aquellas que se pueden regular por legislación específica (Asamblea Legislativa de Costa Rica, 2010)

- Ley No. 9518, Incentivo y promoción para el transporte eléctrico.

Esta ley es considerada una de las más relevante en cuanto a transporte eléctrico, como suma del esfuerzo por reducir la dependencia a los diferentes derivados del petróleo. En el 06 de febrero del 2018 se publicó la ley No. 9518 que tiene como objetivo crear un marco normativo para regular la promoción del transporte eléctrico y aumentar las políticas para incentivar su uso, regula la administración pública relacionado con el transporte eléctrico (Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica., 2018)

Tabla 23. Montos de exoneración para impuestos sobre VE.

Monto exonerado del valor CIF del vehículo eléctrico	Exoneración del impuesto general sobre las ventas	Exoneración del impuesto selectivo de consumo	Exoneración del impuesto sobre el valor aduanero
<i>Los primeros \$30.000 del valor CIF del vehículo eléctrico</i>	<i>100% de exoneración</i>	<i>100% de exoneración</i>	<i>100% de exoneración</i>
<i>De \$30.001 hasta \$45.000 del valor CIF del vehículo eléctrico.</i>	<i>50% de exoneración</i>	<i>75% de exoneración</i>	<i>100% de exoneración</i>
<i>De \$45.001 hasta \$60.000 del valor CIF del vehículo eléctrico</i>	<i>0% de exoneración</i>	<i>50% de exoneración</i>	<i>100% de exoneración</i>
<i>De \$60.001 en adelante</i>	<i>0% de exoneración</i>	<i>0% de exoneración</i>	<i>0% de exoneración</i>

Los vehículos eléctricos están libres del pago de impuesto a la propiedad de vehículos, durante 5 años después de su nacionalización o momento de producción para aquellos que sean ensamblados en el país. Esta exoneración se aplica de la siguiente manera:

- a) Año 1: 100%
- b) Año 2: 80%
- c) Año 3: 60%
- d) Año 4: 40%
- e) Año 5: 20%

3.1.2. Decretos y resoluciones.

- Decreto Ejecutivo No. 23335-MINAE, Crea la comisión Nacional de conservación de energía (CONACE).

Por medio de este decreto, que fue publicado el 20 de mayo de 1994, el poder ejecutivo de Costa Rica, considerando la necesidad de mayor control interinstitucional para el desarrollo de programa Nacional de Conservación de la Energía, da la directriz de crear la Comisión Nacional de Conservación de Energía (CONACE) (Poder Ejecutivo de Costa Rica, 1994)

En esta comisión se dieron las primeras directrices enfocadas a la promoción de los vehículos eléctricos, como resultado de esto, en 2015 se elaboró la hoja de nota para la implementación de vehículos eléctricos en el país, de esto surgieron acciones que se desarrollan a corto plazo (Gobierno de la República de Costa Rica, 2018)

- Decreto ejecutivo No. 41092-MINAE-H-MOPT, Reglamento de incentivos para el transporte eléctrico.

El objetivo de este decreto es reglamentar la organización administrativa y competencias, institucionales vinculadas a los estímulos establecidos en la ley No.9518 del 25 de enero del 2018 para el transporte eléctrico. Esto por medio de incentivos económicos (como los mencionados en la Ley 9518) y no económicos (tales como la exoneración de la restricción vehicular, pago de parquímetros y parqueo en espacios especiales). (Poder Ejecutivo de Costa Rica, 2018)

- Decreto Ejecutivo No. 37370-MOPT, Restricción Vehicular mediante el Esquema Hora/Placa en el Centro de San José.

Con respecto a este decreto, se establecen las obligaciones con respecto al uso y circulación en las vías comprendidas en el área descrita en el mismo para toda persona física o jurídica propietario de vehículos automotores y los conductores. Mediante este se establece los días comprendidos entre lunes y viernes en el lapso de entre las 06:00-19:00 no permite el tránsito de vehículos según su último dígito de placa según se especifica a continuación: a) Lunes: 1 o 2 b) Martes: 3 o 4 c) Miércoles: 5 o 6 d) Jueves: 7 o 8 e) Viernes: 9 o 0.

- Reglamento No. 41642-MINAE para la Construcción y el Funcionamiento de la Red de Centros de Recarga Eléctrica para Automóviles Eléctricos por parte de las Empresas Distribuidoras de Energía Eléctrica.

Establece las pautas para que las compañías distribuidoras de electricidad construyan y gestionen los centros de carga pertinentes en el área nacional en los espacios destinados

por el MINAE. Además, deben ser de acceso público y deberán ser regidos según lo que estipule ARESEP.

- Reglamento No. 41580-MJ-MINAE- MOPT de Distintivos para Vehículos Eléctricos.

Dicho reglamento establece que el distintivo para el vehículo eléctrico se da en la matrícula de registro o placa del vehículo otorgado por el Registro Nacional, haciendo alusión a la Ley 9518 de que no estarán sujetos a la restricción vehicular. Además, es el Registro Nacional el que define el color, diseño, texto, reemplazos y emisión de este distintivo.

- Decreto ejecutivo No. 41426-H-MINAE-MOPT de Incentivos para Vehículos Eléctricos Usados.

Se estipula que los vehículos eléctricos usados que rigen según este decreto son los que tienen una antigüedad no mayor a 5 años a partir de su modelo. A estos, se les exonera del Impuesto Selectivo de Consumo. Además, se hace la acotación de que el incentivo económico se va a aplicar solamente a los vehículos con valor CIF en aduanas que no supere \$30.000.00 (dólares de los Estados Unidos de América). Dicho límite no se aplicará a vehículos de transporte público o transporte de carga.

De igual forma se estipulo que estos VE usados no están sujetos a la restricción vehicular y poseen el beneficio del uso de parqueos especiales.

- Decreto ejecutivo No. 41425-H-MINAE-MOPT que Deroga el Incentivo al uso de Vehículos Híbrido-Eléctricos como parte del Uso de Tecnologías Limpias".

Es un decreto que surge como compromiso del Gobierno costarricense para cumplir con los planes de limpieza del medio ambiente y salud general de la población, dados a nivel internacional y nacional.

- Decreto ejecutivo No. 41427-MOPT de Promoción de la Movilidad Sostenible en las Instituciones de la Administración Pública Central.

Destacan los artículos del 1 al 5, donde se dan sugerencias y planes con el fin de motivar el uso de medios de transporte no contaminante, no se especifica necesariamente de VE, pero sí de medios alternativos al transporte masivo privado de VCI. Además, se dan instrucciones sobre el incentivo de crear planes de movilidad sostenible para las empresas del sector público.

- Resolución RE-0056-IE-2019 Tarifa Aplicable en los Centros de Recarga Rápida para Vehículos Eléctricos.

Establece que, como consideraciones generales, los centros instalados en el país deben ser de media tensión en su infraestructura por temas como la potencia eléctrica que requieren en cortos períodos de tiempo. Además, que los centros de carga adquiridos por las empresas de servicio eléctrico nacionales deben ser de 50 kW en corriente directa.

Así, se toma en cuenta las tarifas reportadas por la ARESEP de las empresas de servicio eléctrico y se maneja una tarifa transitoria de 182,71 colones/kWh de energía consumida por los VE en estos centros de carga.

- Decreto N° 41579-MINAE-MOPT de Oficialización del Plan Nacional de Transporte Eléctrico.

Menciona la vigencia del PNTE desde el 26 de febrero de 2019, y menciona con ello, a los entes encargados de hacer ejercer las regulaciones pertinentes y la ejecución de los protocolos propuestos para el desarrollo correcto de este plan.

3.1.3. Planes nacionales.

- Plan Nacional de Transporte Eléctrico.

Es un protocolo nacional desarrollado por el MINAE, con el afán de incentivar el uso de transporte sostenible de tipo eléctrico en los vehículos que circulan por el país. Habla de las vinculaciones y obligaciones obtenidas por el país en acuerdos como el de París y el de Kioto, aunado a estos, los nacionales como el Plan Nacional de Transporte 2011-2035 y el Plan Nacional de Energía 2015-2030.

Este plan realiza un diagnóstico de la situación actual para determinar las proyecciones que se deben hacer y los métodos a los cuales recurrir para cumplir con los objetivos del plan. Habla de los decretos y regulaciones mencionadas anteriormente, las cuales son igualmente pertinentes para el estudio. Se hace mención del desarrollo de competencias a nivel nacional por parte de desarrollo de conocimiento y técnico por el Laboratorio de Investigación de Potencia y Energía de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la UCR (EPERLab) y el INA.

Además, se hace una estimación de los posibles impactos ambientales, a la red eléctrica por el uso de este tipo de tecnología en transporte particular y público.

3.2. Estudio financiero sobre la sustitución de VCI a VE.

Para el estudio financiero pertinente se debe hablar ahora de los criterios tomados en cuenta para la elección del vehículo, así como de introducir los costos estudiados para entrar en el estudio. Para el caso de los vehículos tipo sedán, se inclina por la elección de un vehículo como el ByD por la accesibilidad de información que tienen a nivel nacional y un precio cómodo para VE. Para el caso de la Van, por las opciones que hay presentes actualmente, se escoge ByD T3. Esto, aunado a que los vehículos deben tener características similares más allá de la tecnología empleada para que puedan ser comparables. Ahora, se decide hacer el estudio analizando dos vías, la primera, donde se emplean los recursos de la empresa para adquirir los VE y el otro camino, donde se recorre a un arrendamiento(leasing) con un convenio con alguna entidad bancaria para la adquisición de estos.

3.2.0.1. Costos fijos.

Parte del estudio financiero pertinente requiere la organización de los costos asociados a la posesión y adquisición del vehículo, este tipo de costos no varía según el uso del vehículo.

Adquisición del vehículo.

- Prima del vehículo: Es un valor para tomar en cuenta, de acuerdo con el tipo de acuerdo que se llegue con una entidad financiera o si el usuario, en este caso la empresa, tiene el monto necesario para proceder a pagar el vehículo que se quiere adquirir.
- Tipo de cambio: Para el año 2020, según los datos del Banco Central, se toma un tipo de cambio de 573.68 colones por cada dólar.
- Costo del vehículo: Al estudiarse 2 tipos de vehículos, sedán/hatchback y una van, se debe hacer la diferenciación en el precio porque su construcción es distinta, no obstante, para cada caso especial mostrado en las secciones venideras, se hace la aclaración pertinente de los tipos de vehículos. Ahora, los precios de cada uno, haciendo referencia a la Tabla 19, son \$26000 y \$32000.
- Estación de carga: Se vuelve un elemento esencial para el hogar o la zona de oficinas donde se plantea poner el dispositivo de carga para el correcto funcionamiento de los vehículos, de la Tabla 17. Proveedores de cargadores de VE., se aprecian las empresas que manejan la comercialización de estos equipos. Por lo tanto, como se menciona en la sección 3.4, se escoge la marca ELCO con un precio de \$850.

3.2.0.2. Costos financieros.

- Financiamiento: Es un rubro importante debido a que, si no se cuenta con el capital para invertir, se debe buscar el apoyo de entidades financieras, de esta manera, también se

toma en cuenta los requisitos que se piden para aplicar al método de leasing, donde se aporta hasta un 80% del costo total del vehículo. A esto hay que adjuntarle, que existen incentivos de ley como los mencionados en la sección anterior, donde se dan beneficios para que los usuarios puedan adquirir VEs y se fomente su uso de acuerdo, ahora a la visión y misión de la empresa y de los planes de gobierno. Se tiene en este caso el PAVE (Programa de adquisición de vehículos eficientes), que otorga beneficios bancarios entorno al financiamiento de vehículos que se denominen ecoamigables. Además, se toma una tasa de interés del 9% para VCIs y una de 8,5% para VE de acuerdo con (Araya-Fonseca, 2018).

3.2.0.3. Costos impositivos.

Tabla 24. Valor en colones de impuestos a vehículos de acuerdo a su valor fiscal.

Tabla de cálculo del impuesto	
Valor	Tasa
Hasta ¢ 270.000,00	¢ 27.600,00
Sobre el exceso de ¢ 270.000,00 y hasta ¢ 1.050.000,00	1,20%
Sobre el exceso de ¢ 1.050.000,00 y hasta ¢ 2.070.000,00	1,50%
Sobre el exceso de ¢ 2.070.000,00 y hasta ¢ 3.130.000,00	2,00%
Sobre el exceso de ¢ 3.130.000,00 y hasta ¢ 3.900.000,00	2,50%
Sobre el exceso de ¢ 3.900.000,00 y hasta ¢ 4.680.000,00	3,00%
Sobre el exceso de ¢ 4.680.000,00	3,50%

Fuente: Elaboración propia con datos de

3.2.0.5. Entradas de dinero.

Para este rubro específico del estado financiero se permite el uso de datos aproximados por parte de la empresa². La cual reporta ganancias netas de entre \$5000 a \$10000 mensuales.

3.2.0.6. Plazo del estudio.

Se determina que el estudio se realiza en un período de 5 años para analizar su comportamiento financiero y ver si el capaz de ser viable en ese lapso.

² Los datos exactos son propiedad privada de la empresa y por el carácter público del documento no se comparten completamente por directrices administrativas.

3.2.1. Compra de los vehículos con dinero de la empresa.

Caso 1. Adquisición de los 4 vehículos.

Se analiza el caso donde se compran los 4 vehículos usando dinero propio de la empresa. Aquí, se toman en cuenta factores como depreciación de los vehículos de 10% según lo que indica el Ministerio de Hacienda, compra de los equipos de carga, posibles rubros de mantenimiento, así como la venta de la flotilla actual.

Tabla 25. Resultados del análisis financiero de adquirir 4 vehículos eléctricos. (Con depreciación)

Periodo	Flujo de efectivo (\$)	VAN (\$)	TIR	PR (\$)
0	-81500			0
1	37230			-47186,636
2	36310			-16342,914
3	35378	98863,26	41,91%	11354,808
4	34432,8			36200,631
5	94223,08			98863,259

Fuente: Elaboración propia con Microsoft Excel 360.

Tabla 26. Resultados del análisis financiero de adquirir 4 vehículos eléctricos. (Sin depreciación)

Periodo	Flujo de efectivo (\$)	VAN (\$)	TIR	PR (\$)
0	-81500			0
1	25080			-58384,79
2	24160			-37861,95
3	23228	10582,949	13%	-19676,56
4	22282,8			-3597,87
5	21323,08			10582,95

Fuente: Elaboración propia con Microsoft Excel 360.

Ambas tablas muestran escenarios posibles para el caso estudiado, el primero, toma en cuenta el valor fiscal dado por la depreciación junto con el valor de rescate remanente al final del proyecto y la segunda tabla no. Lo que genera variaciones muy grandes en términos de la rentabilidad del proyecto.

Tabla 27. Valoración de indicadores ROI y ROA en periodo anual para caso 1.

Período	ROI	ROA
1	38%	22%
2	41%	23%
3	45%	25%
4	49%	27%
5	55%	31%

Fuente: Elaboración propia con Microsoft Excel 360.

Caso 2. Adquisición de 1 vehículo Sedan y una Van.

Tabla 28. Resultados del análisis financiero de adquirir 1 sedán y una van. (Con depreciación)

Período	Flujo de efectivo (\$)	VAN (\$)	TIR	PR (\$)
0	-44800			0
1	35696			-11900,461
2	34736			17606,218
3	33760	110345,54	76,19%	44037,195
4	32766,4			67680,587
5	64153,44			110345,54

Fuente: Elaboración propia con Microsoft Excel 360.

Tabla 29. Resultados del análisis financiero de adquirir 1 sedán y una van. (Sin depreciación)

Periodo	Flujo de efectivo (\$)	VAN (\$)	TIR	PR (\$)
0	-44800			0
1	29216			-17872,81
2	28256			6129,40
3	27280	63262,706	56%	27487,13
4	26286,4			46454,72
5	25273,44			63262,71

Fuente: Elaboración propia con Microsoft Excel 360.

Tabla 30. Valoración de indicadores ROI y ROA en período anual para caso 2.

Período	ROI	ROA
1	82%	48%
2	88%	51%
3	95%	56%
4	105%	62%
5	118%	69%

Fuente: Elaboración propia con Microsoft Excel 360.

Caso 3. Adquisición de 1 solo vehículo Sedan.

Tabla 31. Resultados del análisis financiero de adquirir 1 sedán. (Con depreciación)

Periodo	Flujo de efectivo (\$)	VAN (\$)	TIR	PR (\$)
0	-20300			0
1	34956			11917,512
2	33996			40795,593
3	33020	119626,12	169,17%	66647,219
4	32026,4			89756,646
5	44913,44			119626,12

Fuente: Elaboración propia con Microsoft Excel 360.

Tabla 32. Resultados del análisis financiero de adquirir 1 sedán. (Sin depreciación)

Período	Flujo de efectivo (\$)	VAN (\$)	TIR	PR (\$)
0	-20300			0
1	32176			9355,30
2	31216			35871,90
3	30240	99427,007	154%	59547,04
4	29246,4			80650,49
5	28233,44			99427,01

Fuente: Elaboración propia con Microsoft Excel 360.

Tabla 33. Valoración de indicadores ROI y ROA en periodo anual para caso 3.

Período	ROI	ROA
1	198%	124%
2	214%	133%
3	233%	145%
4	257%	161%
5	290%	181%

Fuente: Elaboración propia con Microsoft Excel 360.

Caso 4. Adquisición de 1 sola Van.

Tabla 34. Resultados del análisis financiero de adquirir 1 van. (Con depreciación)

Período	Flujo de efectivo (\$)	VAN (\$)	TIR	PR (\$)
0	-21300			0
1	35076			11028,111
2	34116			40008,127
3	33140	121094,14	161,78%	65953,702
4	32146,4			89149,717
5	48033,44			121094,14

Fuente: Elaboración propia con Microsoft Excel 360.

Tabla 35. Resultados del análisis financiero de adquirir 1 van. (Sin depreciación)

Período	Flujo de efectivo (\$)	VAN (\$)	TIR	PR (\$)
0	-21300			0
1	31696			7912,90
2	30736			34021,76
3	29760	96535,499	144%	57321,11
4	28766,4			78078,20
5	27753,44			96535,50

Fuente: Elaboración propia con Microsoft Excel 360.

Tabla 36. Valoración de indicadores ROI y ROA en período anual para caso 4.

Período	ROI	ROA
1	186%	99%
2	200%	107%
3	218%	116%
4	241%	128%
5	271%	145%

Fuente: Elaboración propia con Microsoft Excel 360.

3.2.2. Adquisición de los vehículos mediante arrendamiento (leasing).

En el país existen actualmente varias entidades que proporcionan este servicio, como la empresa “Adobe Rent a Car”, en su sección Total Fleet, además de bancos. Normalmente, este servicio se da con el cumplimiento de ciertos requisitos administrativos y en un máximo de 80% del valor del vehículo, por lo que para el estudio de esta sección, se toma que la empresa aporta el 20% restante. Además, se calcula tomando en cuenta un seccionamiento de pagos mensuales.

Caso 1. Adquisición de los 4 vehículos.

Tabla 37. Resultados del análisis financiero de adquirir 4 VEs con leasing (Con depreciación)

Período	Flujo de efectivo (\$)	VAN (\$)	TIR	PR (\$)
0	-36425,19677			0
1	18021,77369			-19921,741
2	16822,04749			-5814,7764
3	15585,14593	91048,45792	59,15%	6153,8128
4	34432,8			30368,663
5	94223,08			91048,458

Fuente: Elaboración propia con Microsoft Excel 360.

Tabla 38. Resultados del análisis financiero de adquirir 4 VEs con leasing (Sin depreciación)

Período	Flujo de efectivo (\$)	VAN (\$)	TIR	PR (\$)
0	-87368			0
1	21412,11817			-67759,833
2	21611,02297			-49636,835
3	21898,6292	83950,64	8%	-32819,816
4	22282,8			-17149,447
5	21323,08			-3417,3542

Fuente: Elaboración propia con Microsoft Excel 360.

Tabla 39. Valoración de indicadores ROI y ROA en periodo anual para caso 4 con Leasing

Período	ROI	ROA
1	33%	18%
2	37%	21%
3	42%	24%
4	49%	27%
5	55%	31%

Fuente: Elaboración propia con Microsoft Excel 360.

Caso 2. Adquisición de 1 vehículo Sedan y una Van.

Tabla 40. Resultados del análisis financiero de adquirir 1 van y 1 sedan con leasing (Con depreciación)

Período	Flujo de efectivo (\$)	VAN (\$)	TIR	PR (\$)
0	-20022,685			0
1	25137,368			2996,8826
2	24063,604			23176,615
3	22964,002	105382,31	126,94%	40811,785
4	32898,8			63947,85
5	64339,08			105382,31

Fuente: Elaboración propia con Microsoft Excel 360.

Tabla 41. Resultados del análisis financiero de adquirir 1 van y 1 sedan con leasing (Sin depreciación)

Período	Flujo de efectivo (\$)	VAN (\$)	TIR	PR (\$)
0	-48025,6			0
1	27199,79			-23117,367
2	26894,845			-563,35768
3	26633,254	102889,9	48%	19889,609
4	26418,8			38468,618
5	25459,08			54864,301

Fuente: Elaboración propia con Microsoft Excel 360.

Tabla 42. Valoración de indicadores ROI y ROA en periodo anual para caso 4 con Leasing

Periodo	ROI	ROA
1	76%	45%
2	83%	49%
3	93%	55%
4	105%	62%
5	118%	70%

Fuente: Elaboración propia con Microsoft Excel 360.

Caso 3. Adquisición de 1 solo vehículo Sedan.

Tabla 43. Resultados del análisis financiero de adquirir 1 sedan con leasing (Con depreciación)

Período	Flujo de efectivo (\$)	VAN (\$)	TIR	PR (\$)
0	-9072,7791			0
1	29771,62			18190,609
2	28781,946			42327,141
3	27774,001	114776,77	325,62%	63656,143
4	31758,8			85990,504
5	44699,08			114776,77

Fuente: Elaboración propia con Microsoft Excel 360.

Tabla 44. Resultados del análisis financiero de adquirir 1 sedan con leasing (Sin depreciación)

Período	Flujo de efectivo (\$)	VAN (\$)	TIR	PR (\$)
0	-21761,6			0
1	30862,405			6500,6755
2	30221,101			31844,083
3	29592,881	114755,14	138%	54569,891
4	28978,8			74949,218
5	28019,08			92993,545

Fuente: Elaboración propia con Microsoft Excel 360.

Tabla 45. Valoración de indicadores ROI y ROA en periodo anual para caso 4 con Leasing

Período	ROI	ROA
1	190%	119%
2	207%	129%
3	228%	142%
4	255%	159%
5	288%	180%

Fuente: Elaboración propia con Microsoft Excel 360.

Caso 4. Adquisición de 1 sola Van.

Tabla 46. Resultados del análisis financiero de adquirir 1 van con leasing (Con depreciación)

Período	Flujo de efectivo (\$)	VAN (\$)	TIR	PR (\$)
0	-9519,714			0
1	29655,936			17637,736
2	28662,83			41674,378
3	27651,144	116123,34	309,14%	62909,032
4	31878,8			85327,783
5	47819,08			116123,34

Fuente: Elaboración propia con Microsoft Excel 360.

Tabla 47. Resultados del análisis financiero de adquirir 1 van con leasing (Sin depreciación)

Período	Flujo de efectivo (\$)	VAN (\$)	TIR	PR (\$)
0	-22833,6			0
1	30337,4			4947,902
2	29709,826			29862,554
3	29096,569	112817,79	129%	52207,22
4	28498,8			72248,988
5	27539,08			89984,194

Fuente: Elaboración propia con Microsoft Excel 360.

Tabla 48. Valoración de indicadores ROI y ROA en periodo anual para caso 4 con Leasing

Período	ROI	ROA
1	178%	95%
2	194%	103%
3	213%	114%
4	239%	127%
5	269%	143%

Fuente: Elaboración propia con Microsoft Excel 360.

3.3. Estudio de la huella de carbono de las alternativas sobre las finanzas.

3.3.1. Cálculo de la huella de carbono para la flotilla actual.

Para determinar el impacto de emisión de gases de efecto invernadero, a la Tabla 16. Rutas de la flotilla de la empresa. sobre el kilometraje que recorren los vehículos de la empresa de acuerdo a las rutas que toman mensualmente, a la Tabla 15. Especificaciones técnicas de los motores de los vehículos actuales. , sobre las características de la eficiencia de cada vehículo en términos de kilómetros por litro (usando el recíproco, litros por cada kilómetro) y posteriormente con la Tabla 11. Factores de emisión de dióxido de carbono en el sector de energía. Costa Rica. 2019 sobre la emisión de CO₂ por cada litro de gasolina y lubricante, para este último, se toma el dato de la sustitución del lubricante cada 5000 km recorridos de acuerdo con (Torres Sarmiento, 2015).

Tabla 49. Consumo de litros de combustible y lubricantes consumidos mensualmente por la flotilla actual.

Consumo mensual de litros de gasolina y lubricantes								
Mes	Combustible fósil (gasolina)				Lubricantes			
	Swift 1	Swift 2	Panel 1	Panel 2	Swift 1	Swift 2	Panel 1	Panel 2
ene-19	27,61	27,61	39,61	39,61	0,00	0,00	0,00	0,00
feb-19	27,61	27,61	39,61	39,61	0,00	0,00	0,00	0,00
mar-19	27,61	27,61	39,61	39,61	4,00	4,00	5,00	5,00
abr-19	27,61	27,61	39,61	39,61	0,00	0,00	0,00	0,00
may-19	27,61	27,61	39,61	39,61	0,00	0,00	0,00	0,00
jun-19	27,61	27,61	39,61	39,61	4,00	4,00	5,00	5,00
jul-19	27,61	27,61	39,61	39,61	0,00	0,00	0,00	0,00
ago-19	27,61	27,61	39,61	39,61	0,00	0,00	0,00	0,00
sep-19	27,61	27,61	39,61	39,61	4,00	4,00	5,00	5,00
oct-19	27,61	27,61	39,61	39,61	0,00	0,00	0,00	0,00
nov-19	27,61	27,61	39,61	39,61	0,00	0,00	0,00	0,00
dic-19	27,61	27,61	39,61	39,61	4,00	4,00	5,00	5,00
ene-20	27,61	27,61	39,61	39,61	0,00	0,00	0,00	0,00
feb-20	27,61	27,61	39,61	39,61	0,00	0,00	0,00	0,00
mar-20	27,61	27,61	39,61	39,61	4,00	4,00	5,00	5,00
abr-20	27,61	27,61	39,61	39,61	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 50. kgCO₂/ litro de combustible fósil, mensuales emitidos por los vehículos de la empresa.

Mes	kgCO ₂ /litro								Total
	Combustible fósil (gasolina)				Lubricantes				
	Swift 1	Swift 2	Panel 1	Panel 2	Swift 1	Swift 2	Panel 1	Panel 2	
ene-19	61,59	61,59	88,36	88,36	0,00	0,00	0,00	0,00	299,90
feb-19	61,59	61,59	88,36	88,36	0,00	0,00	0,00	0,00	299,90
mar-19	61,59	61,59	88,36	88,36	2,04	2,04	2,55	2,55	309,09
abr-19	61,59	61,59	88,36	88,36	0,00	0,00	0,00	0,00	299,90
may-19	61,59	61,59	88,36	88,36	0,00	0,00	0,00	0,00	299,90
jun-19	61,59	61,59	88,36	88,36	2,04	2,04	2,55	2,55	309,09
jul-19	61,59	61,59	88,36	88,36	0,00	0,00	0,00	0,00	299,90
ago-19	61,59	61,59	88,36	88,36	0,00	0,00	0,00	0,00	299,90
sep-19	61,59	61,59	88,36	88,36	2,04	2,04	2,55	2,55	309,09
oct-19	61,59	61,59	88,36	88,36	0,00	0,00	0,00	0,00	299,90
nov-19	61,59	61,59	88,36	88,36	0,00	0,00	0,00	0,00	299,90
dic-19	61,59	61,59	88,36	88,36	2,04	2,04	2,55	2,55	309,09
ene-20	61,59	61,59	88,36	88,36	0,00	0,00	0,00	0,00	299,90
feb-20	61,59	61,59	88,36	88,36	0,00	0,00	0,00	0,00	299,90
mar-20	61,59	61,59	88,36	88,36	2,04	2,04	2,55	2,55	309,09
abr-20	61,59	61,59	88,36	88,36	0,00	0,00	0,00	0,00	299,90

Fuente: Elaboración propia.

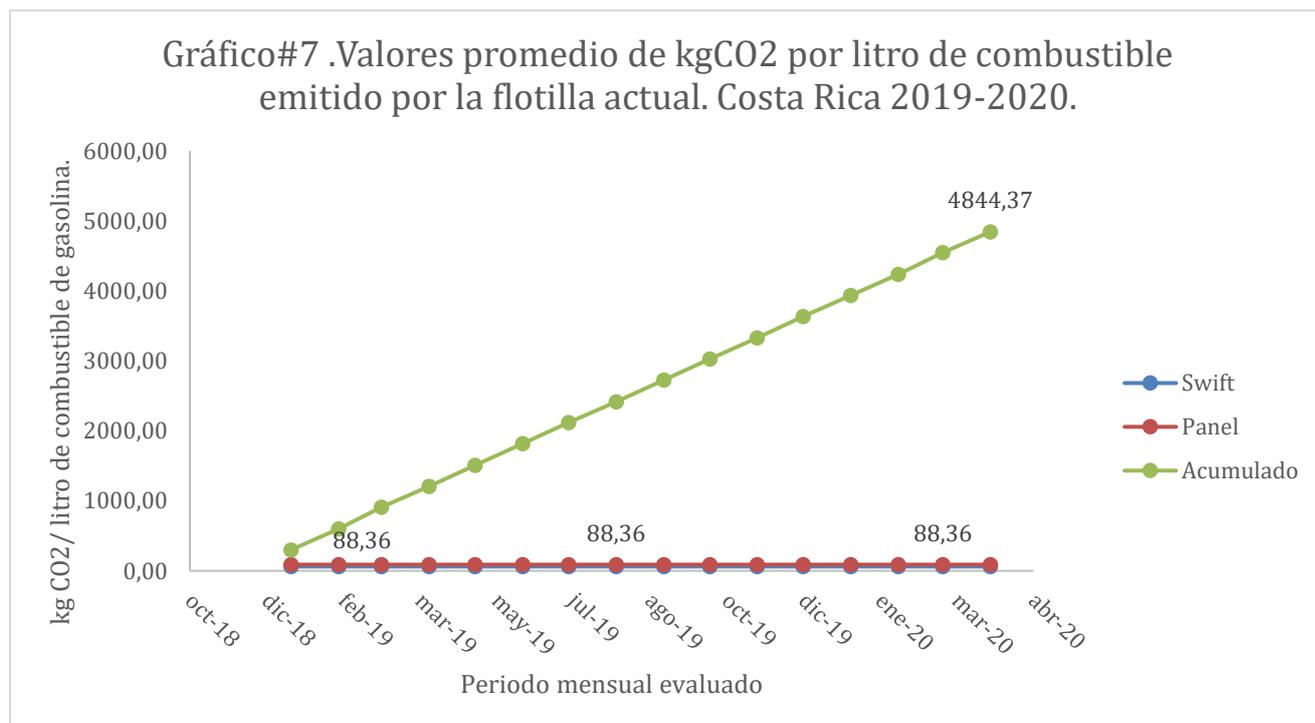


Figura 17. Valores promedio de kgCO₂ por litro de combustible emitido por la flotilla actual. Costa Rica 2019-2020

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2. Cálculo de la huella de carbono para la flotilla de vehículos eléctricos.

De acuerdo con lo mencionan (Helms, Kamper, & Lambrecht, 2018), un inventario de la producción de vehículos, muestra la diferencia en la emisión de CO₂ y el consumo de energía entre VCI y VE, donde producir un auto convencional compacto de gasolina, como los estudiados, puede producir alrededor de 5 toneladas de emisiones de CO₂, y un consumo asociado de energía de cerca de 100 GJ. Ahora, un VE, durante su producción puede generar 8 toneladas de emisiones de CO₂ con un consumo energético cercano a los 180 GJ. Esta diferencia, se debe a la producción y tecnología vigentes de la industria de las baterías, las cuales representan alrededor de la generación de 3 toneladas de CO₂ del total para los VE. Esto se explica debido a que los procesos de extracción y procesamiento de las celdas de la batería son procesos complejos y contribuyen a este efecto en las emisiones. Además, el uso de materiales como cobre, en los sistemas eléctricos y componentes afines lleva a mayor emisión de partículas de CO₂.

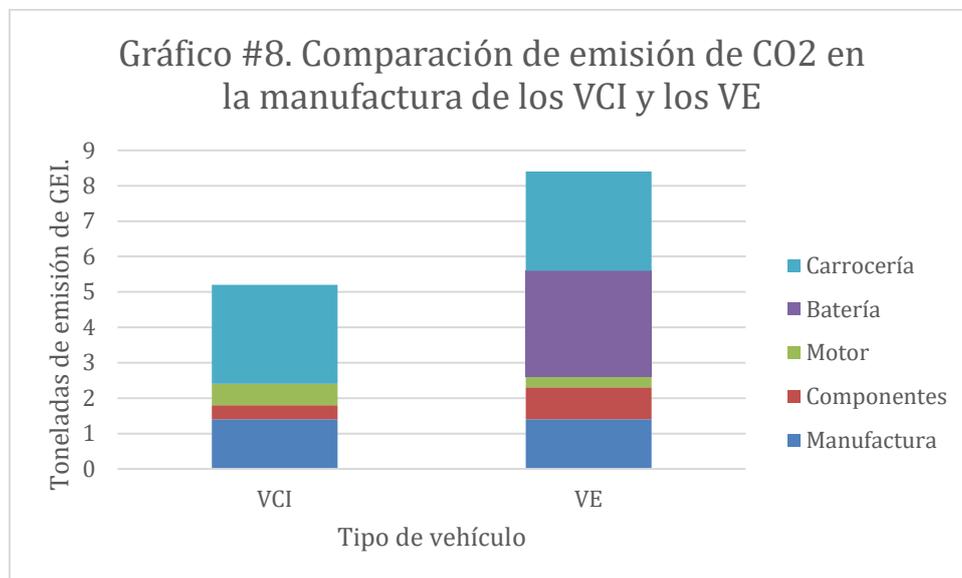


Figura 18. Comparación de emisión de CO₂ entre tipos de vehículos estudiados.

Fuente: Elaboración propia con datos de (Helms, Kamper, & Lambrecht, 2018)

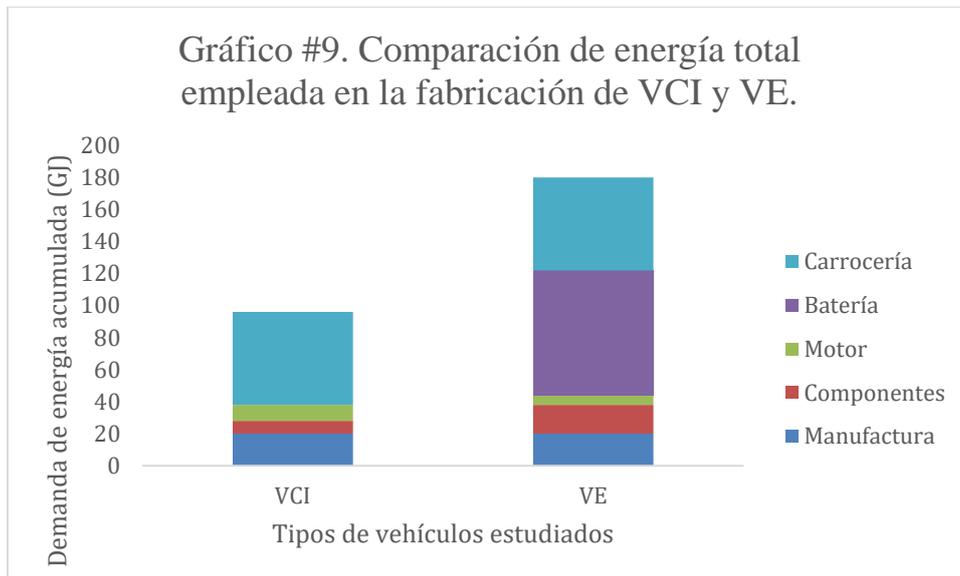


Figura 19. Comparación de energía total empleada en la fabricación de VCI y VE

Fuente: Elaboración propia con datos de (Helms, Kamper, & Lambrecht, 2018)

En términos generales, es importante destacar que existen muchos factores que afectan el consumo de energía de los VE, que van de la mano con el peso del vehículo, la aerodinámicas de este y su resistencia a la rodadura. Aunado a esto, se debe contemplar el gran peso que aporta el paquete de baterías. Sin embargo, los VE tienen una superioridad en eficiencia comparados con VCI. Del 100% de energía que se puede tomar de la red, un 70% es usado en el sistema de propulsión, mientras que los motores de combustión interna manejan eficiencias de alrededor del 30%.

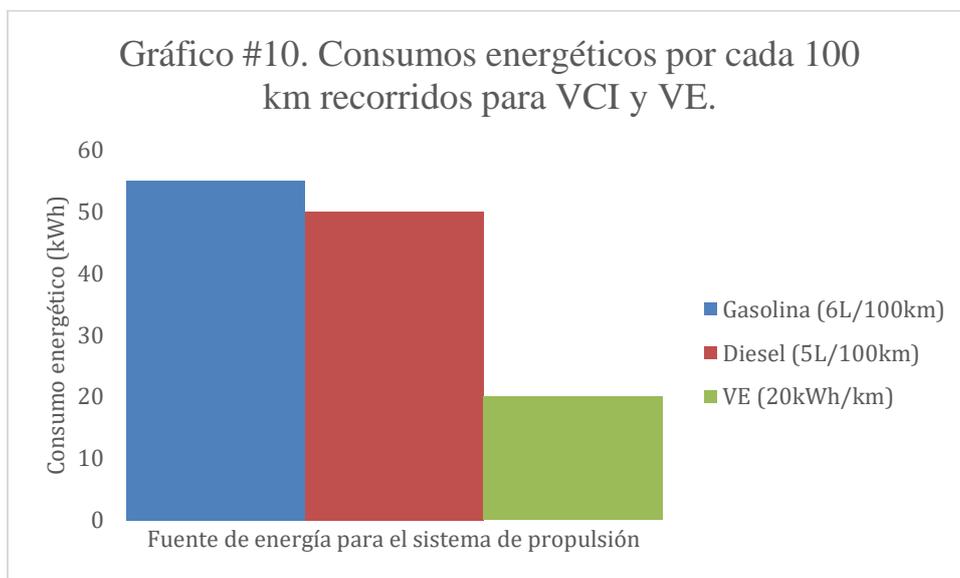


Figura 20. Consumos energéticos por cada 100 km recorridos para VCI y VE.

Fuente: Elaboración propia con datos de (Helms, Kamper, & Lambrecht, 2018)

3.4. Propuestas sobre los centros de carga para los VE.

3.4.1. En oficinas.

Para las oficinas de la empresa, ubicadas en Barrio Escalante, se tienen dos espacios de parqueo habilitados dentro de las instalaciones, estas oficinas están basadas en una casa de habitación, ya que se ubican en una zona residencial. Debido a la falta de formalización con respecto a la normativa vigente y disponible sobre los centros de carga y su regulación, se toma como mejor opción la compra del sistema de carga a una empresa que preste los servicios. Para este caso particular, se escoge como proveedor del equipo a la empresa ELCO por el precio de sus equipos (aproximadamente \$850), dicho monto es tomado en cuenta en el estudio financiero realizado. Los detalles de las características y manejo de la instalación son las siguientes:

Según lo que establece (ELCO CR, 2020), sus estaciones de hogar se contemplan para espacios de oficina también, empotrables y con facilidad de uso y manejo de interfaz para que la carga del VE sea de la forma más expedita posible.

Tabla 51. Características técnicas del centro de carga seleccionado.

Estación	Hogar
Modelo	IL2-30
Tipo de estación	L2 carga semirápida
Potencia eléctrica	7,2 kW
Tensión de entrada	208-240 V
Corriente de salida	30 A
Tipo de montaje	De parche
Tipo de conector	SAE J1772
Número de conectores	1
Señales indicadoras	Luces LED
Estándares	IEC 61851-1; IEC 61851-22
Funcionamiento	Offline
Grado de protección	Para interiores
Material	ABS
Dimensiones	25x14,5x7 cm
Software de control	Pantalla táctil

Fuente: Elaboración propia con datos de (ELCO CR, 2020)

Además, se debe tomar en cuenta que, aunque se encuentre en una zona residencial, el manejo de patentes comerciales en la municipalidad de San José hace que el cobro de servicios básicos como luz y agua del local no sean residenciales, por ende, se exponen los costos del servicio por tarifa comercial que provee la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, que es el ente responsable de la zona.

Es posible también, según lo que establece (MINAE, 2019), en el reglamento N° 41642, sobre funcionamiento de centros de carga. Se puede negociar con la empresa que provee el servicio eléctrico (llámese CNFL) para que sea este ente el que regule el centro de carga y sea usado en términos públicos y privados aprovechando los espacios adyacentes a la zona de oficina para el enriquecimiento y facilidad de acceso de estos sistemas para otros usuarios fuera de los encargados de los VE en la oficina.

3.4.2. En casa residencial.

Se plantea, además, la posibilidad de incurrir incluso en la instalación de un centro de carga para los posibles VE de la empresa en la casa o zona de apartamento de alguno de los encargados de los vehículos. Esto debido a que los vehículos deben tener disponibilidad para movilizarse en caso de emergencias. El estudio de esta sección va de la mano con los costos que provee la empresa JASEC para tarifas residenciales, esto debido a que, aunque sea para consumo de la empresa, la residencia tiene costos en las tarifas más bajos en comparación a la comercial y la industrial.

Para la adquisición del sistema en el caso residencial, se hace referencia a la Tabla 51. Características técnicas del centro de carga seleccionado. Donde aparecen los datos del equipo a instalar a nivel de casa para poder mantener los VE cargados y listos para lo que requiera la empresa. Se enfatiza en su selección por sus buenas características técnicas, así como su precio. Aunado a esto, según el fabricante (ELCO CR, 2020), el sistema brinda un protocolo de seguridad que realiza chequeos constantes para determinar la salud del sistema de carga y así mantener la confiabilidad de su función para el uso del vehículo. Se menciona a continuación, dicho protocolo y sus funciones:

- Monitoreo de la corriente de carga, donde se fija un límite, el cual, si es excedido, se procede a una interrupción de esta.
- Monitoreo de falla a tierra.
- Monitoreo del diodo de presencia del vehículo.
- Secuencia de auto chequeo, la cual analiza el interruptor GFCI, contactores fundidos, estado de línea piloto, así como tensión de entrada.

3.4.3. Ubicación de centros de carga a lo largo del país.

A nivel nacional existen centros de carga asociados a empresas distribuidoras de servicios eléctricos como lo son ICE y CNFL. Existen varios portales de internet que proveen servicios de mapas con la ubicación de estos centros a lo largo del país. Se mencionan algunas como ConectaEV y PlugShare, que, a partir de servicios de GPS, da información sobre centros de carga cercanos, que puedan ser utilizables para recargar el vehículo en cuestión. Existen también proyectos como la Ruta Eléctrica Monteverde y Ruta Eléctrica Fortuna que impulsan el desarrollo e instalación de estos centros para incentivar el uso de VE.

Es posible observar que, no solo se da información de la localización y expansión de los centros de carga vigentes, sino que, se da información técnica del tipo de cargador, sea L1, L2 o L3, su tipo de conector e incluso empresa que proporciona el servicio.

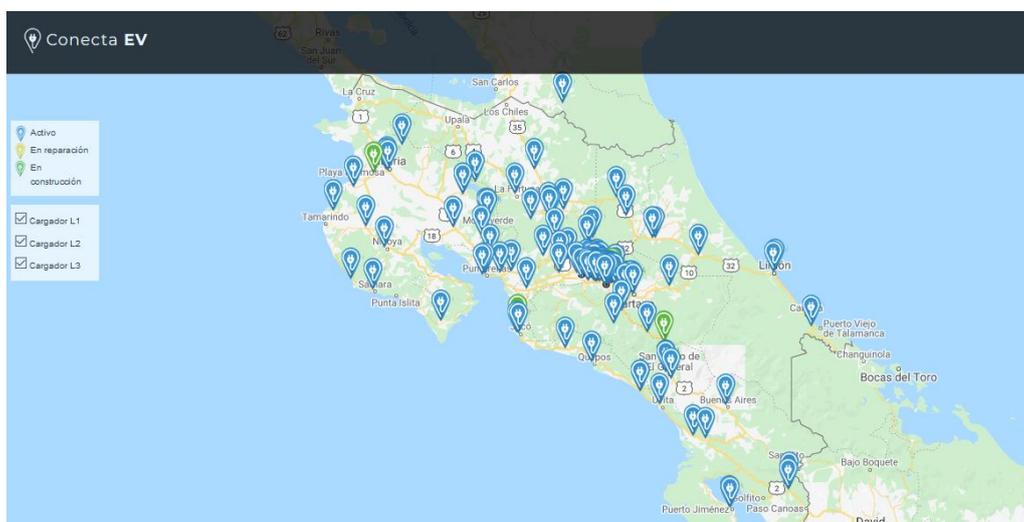


Figura 21. Ubicación de centros de carga según ConectaEV.

Fuente: Tomado de <https://www.conectaev.com/>

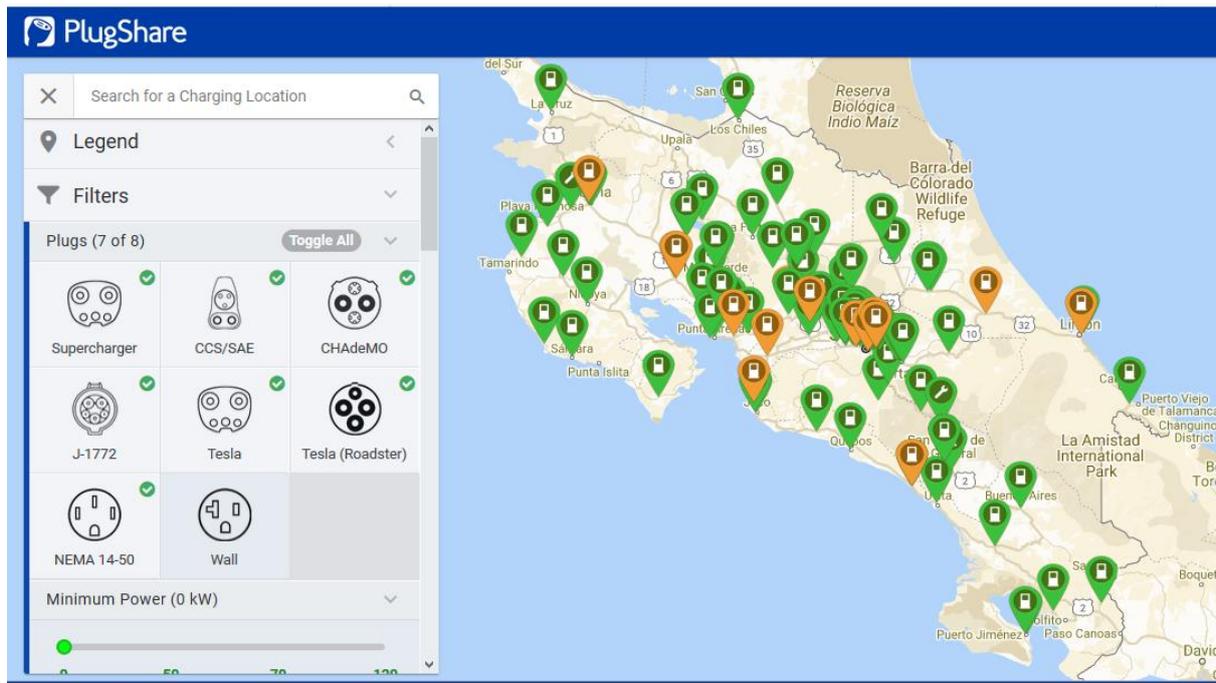


Figura 22. Ubicación de centros de carga según PlugShare.

Fuente: Tomado de <https://www.plugshare.com/>

3.5. Estudio sobre el ciclo de vida útil de los vehículos.

De la mano de la norma INTEISO 14040 e INTEISO 14044, como se mencionó anteriormente, para realizar un análisis del ciclo de vida se necesita seccionar las etapas del producto o servicio para determinar cómo se comportan los elementos pertinentes del estudio, en este caso, para el VE, se busca analizar su impacto ambiental y además financiero. Estas etapas a nivel general son la extracción del material, producción, uso y tratamiento en el final de la vida incluyendo reciclaje.

3.5.1. Diseño

Basado primeramente en lo que aporta (Messagie, 2017), para el análisis del ciclo de vida de los vehículos, ya sean convencionales o eléctricos, se tienen 4 estaciones focalizadas:

- 1) Estación Pozo a tanque (WTT).
- 2) Tanque a rueda (TTW).
- 3) Manufactura de la carrocería, mantenimiento y reciclado del vehículo.
- 4) Manufactura del sistema de propulsión (motor, batería y electrónica).

A partir de estas estaciones, se busca modelar, en su etapa de diseño, el ciclo de vida de un automóvil de combustión interna como los usados actualmente y el ciclo de vida de un

automóvil eléctrico como los buscados para sustituir la flotilla que se maneja ahora. Según este autor, para realizar un análisis del ciclo de vida, se deben estandarizar las características de los vehículos para que sean realmente comparables bajo las mismas condiciones. Esto implica, asumir una vida media de manejo de 200000 km, una masa de la carrocería de 1200 kg.

Según (Egede, 2017), en los últimos años ha habido una tendencia a subir el peso de los vehículos que se diseñan, esto debido a que existe una demanda del mercado creciente para vehículos cada vez más grande. Lo que esto implica es que entre más peso tengan los vehículos, requieren de componentes cada vez más potentes o eventualmente más eficientes para mover esas cargas y esto genera consecuentemente un aumento en los precios para el usuario final. Sin embargo, se ha buscado contrarrestar esta tendencia mediante el diseño con materiales más ligeros e incluso resistentes. Esto genera beneficios como reducción de costos e impacto ambiental (lo cual es lo que se busca en el proyecto), mejor rendimiento en términos de velocidad, e incluso un manejo más expedito de las partes que se dañen o requieran un cambio.

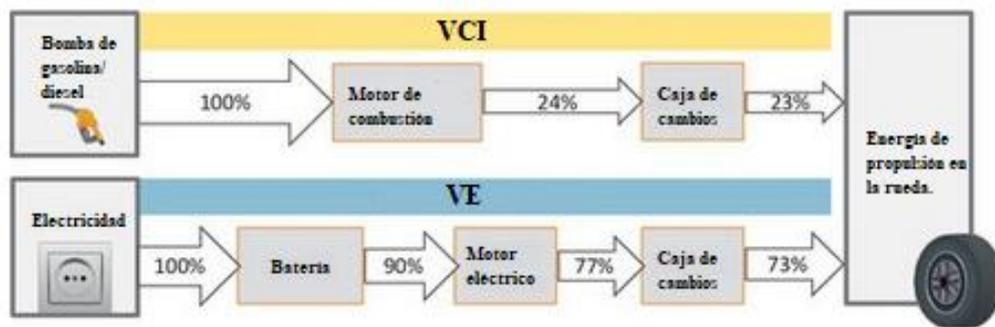


Figura 23. Comparación de la eficiencia entre VCI y VE en el sistema de propulsión.

Fuente: Elaboración propia con datos de (Helms, Kamper, & Lambrecht, 2018)

3.5.2. Uso

Aunado a esto, de acuerdo con lo que expone (Egede, 2017), la eficiencia global de los vehículos en la etapa de uso es de un 87% para VE y de 30% a un 40% en VCI. Esto es debido a que las eficiencias de los componentes que son parte del sistema global no son eficiencias estáticas y dependen de sus condiciones de operación.

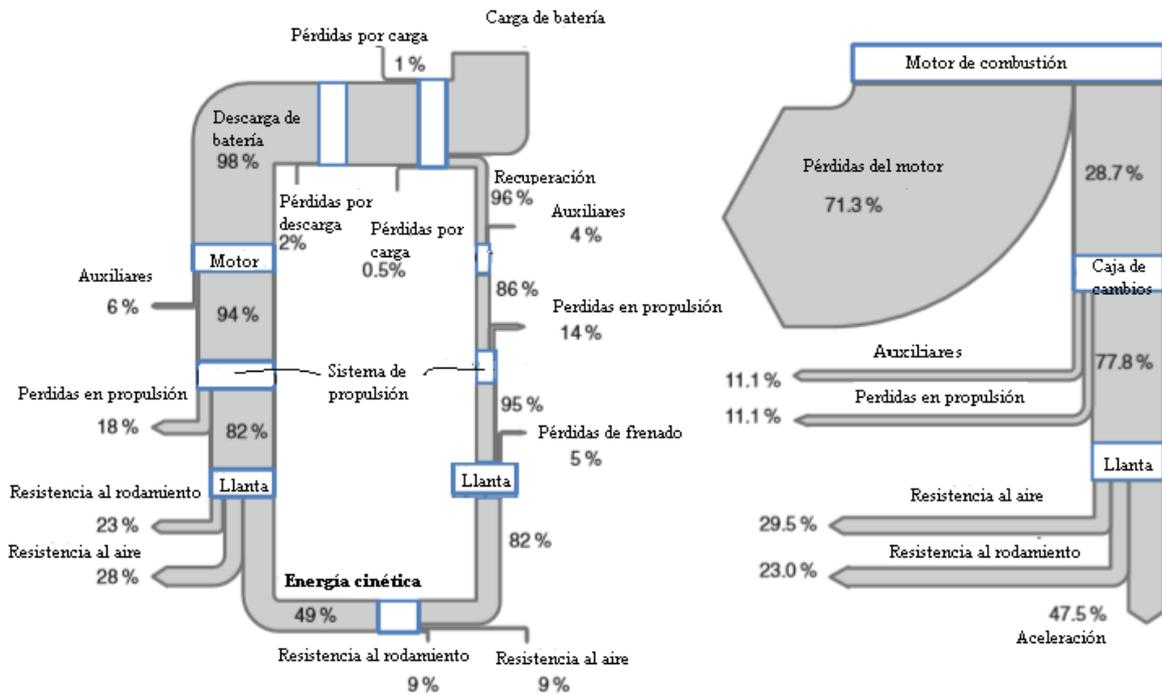


Figura 24. Diagrama de flujo de energía comparativo en VE y VCI.

Fuente: Traducción con datos de (Egede, 2017)

En términos del uso comparativo se muestra en la Figura anterior el flujo de energía en los sistemas de propulsión de ambos tipos de vehículos, a la izquierda se proporciona el flujo de energía para VE y a la derecha el respectivo para VCI. Da a conocer la eficiencia de la energía que entra al sistema y es empleada en el proceso de movimiento de cada tipo de vehículo. Donde se obtiene un valor de salida de la energía total de 10% para los VCI y de un 35% para VE.

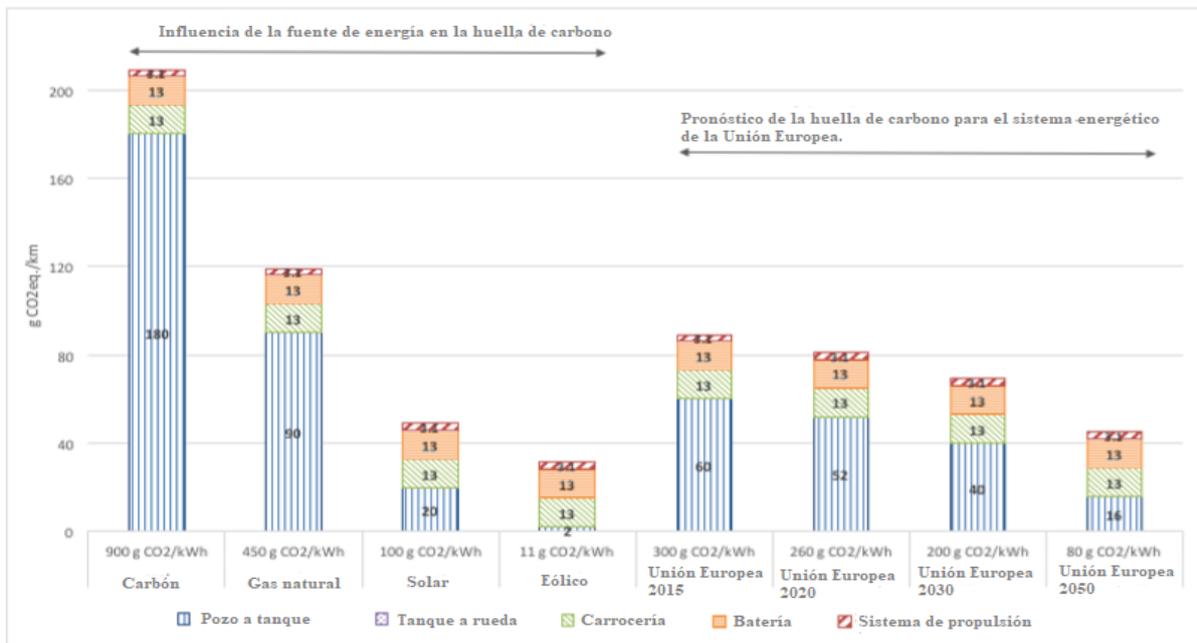


Figura 25. Impacto del tipo de fuente de energía eléctrica en la huella de carbono según la etapa del ciclo de vida.

Fuente: Traducción con datos de (Messagie, 2017)

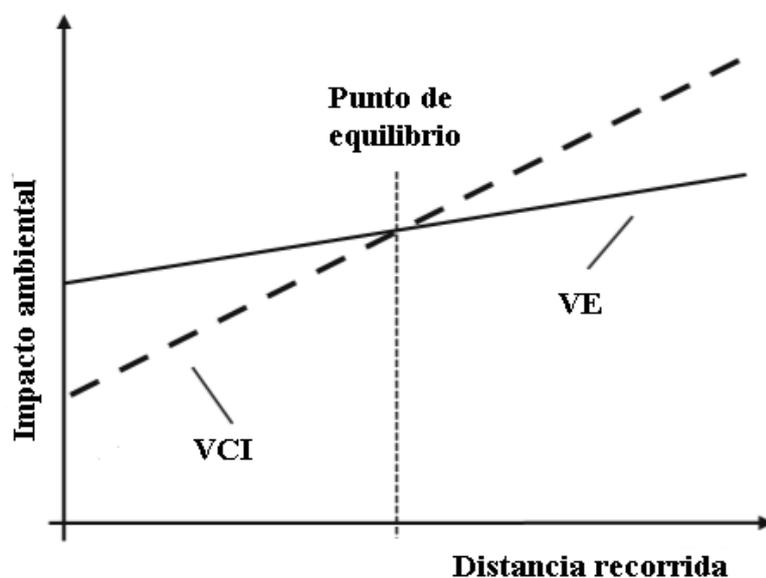


Figura 26. Análisis de punto de equilibrio de impacto ambiental entre VE y VCI

Fuente: Traducción con datos de (Egede, 2017)

Costo total de posesión/propiedad (Total cost of ownership)

Es posible hacer una aproximación y comparación entre los costos total de posesión entre un VCI y un VE con el afán de comparar los gastos aprovechando el valor agregado de los incentivos y las reducciones en costes de mantenimiento para determinar en qué punto aproximado del tiempo de estudio un VE puede ser más rentable que uno de combustión interna y a partir de ahí tomar una decisión, (ConectaEV, 2020), tiene una herramienta gratuita en línea que provee una aproximación de estos costos y da una estimación de a partir de qué año, se empiezan a sentir los ahorros generados por el uso de VE correspondiente. De esta manera, se procede a utilizar esta herramienta usando información de Tabla 15. Especificaciones técnicas de los motores de los vehículos actuales., y de la Tabla 20. Características técnicas de los vehículos seleccionados para reemplazar la flota actual., para aproximar con datos de los vehículos estudiados, este rubro como base para el criterio de viabilidad para la toma de decisión de cambiar la flotilla de vehículos o no.

- Caso comparativo de Suzuki Swift 2017 vs ByD e1 de según aplicación de ConectaEV.

Coste comparativo total de propiedad para un total de 10.000 km por 10 años de propiedad		
	Eléctrico	Combustión
Precio vehículo	15.151.500 Col <small>BYD el nuevo</small>	8.775.000 Col <small>3 años</small>
Marchamo	3.066.900 Col	2.096.832 Col
Electricidad - Combustible	1.962.132 Col	8.068.911 Col
Mantenimiento anuales	1.191.667 Col	1.485.000 Col
Gastos anuales	550.000 Col	550.000 Col
TOTAL	21.922.199 Col	20.682.410 Col

Figura 27. Coste total comparativo de posesión para 10000 km anuales por un periodo de 10 años. Sedán

Fuente: Tomado de aplicación de (ConectaEV, 2020)

	Eléctrico	Combustión
Año inicial	15.471.077 Col	9.830.051 Col
Año 1	15.808.001 Col	10.753.903 Col
Año 2	16.217.339 Col	11.725.424 Col
Año 3	16.688.944 Col	12.700.184 Col
Año 4	17.213.216 Col	13.679.356 Col
Año 5	17.780.773 Col	14.664.569 Col
Año 6	18.328.168 Col	15.657.286 Col
Año 7	18.856.279 Col	16.659.004 Col
Año 8	19.366.604 Col	17.457.069 Col
Año 9	19.860.379 Col	18.279.076 Col
Año 10	20.338.866 Col	19.125.743 Col

Figura 28. Proyección anual de los costos de operación de los vehículos estudiados. Sedán

Fuente: Tomado de aplicación de (ConectaEV, 2020)

- Caso comparativo de Suzuki Panel 2017 vs ByD T3 según aplicación de ConectaEV.

Coste comparativo total de propiedad para un total de 10.000 km por 10 años de propiedad

	Eléctrico	Combustión
Precio vehículo	20.475.000 Col <small>nuevo</small>	11.700.000 Col <small>3 años</small>
Marchamo	3.817.703 Col	2.547.776 Col
Electricidad - Combustible	2.616.176 Col	11.296.476 Col
Mantenimiento anuales	770.000 Col	1.485.000 Col
Gastos anuales	550.000 Col	550.000 Col
TOTAL	28.228.879 Col	26.864.252 Col

Figura 29. Coste total comparativo de posesión para 10000 km anuales por un periodo de 10 años. Van

Fuente: Tomado de aplicación de (ConectaEV, 2020)

	Eléctrico	Combustión
Año inicial	20.809.992 Col	13.056.069 Col
Año 1	21.229.655 Col	14.300.131 Col
Año 2	21.747.116 Col	15.609.050 Col
Año 3	22.348.662 Col	16.923.624 Col
Año 4	23.021.317 Col	18.245.458 Col
Año 5	23.752.403 Col	19.576.765 Col
Año 6	24.456.178 Col	20.919.538 Col
Año 7	25.133.829 Col	22.275.816 Col
Año 8	25.787.377 Col	23.393.107 Col
Año 9	26.418.493 Col	24.543.917 Col
Año 10	27.028.879 Col	25.729.252 Col

Figura 30. Proyección anual de los costos de operación de los vehículos estudiados. Van

Fuente: Tomado de aplicación de (ConectaEV, 2020)

Si se realiza un análisis de escenarios, esto quiere decir, cambiar ciertos factores para este estudio, en este caso, simplemente el kilometraje anual recorrido se obtienen resultados más interesantes. Ahora si se emplea un recorrido anual de 5000 km o de 15000 km se aprecia el cambio sustancial en los costos que inciden estos dos tipos de vehículos.

Tabla 52. Costo comparativo total de propiedad para distintas distancias en 10 años (Colones). Sedán

Costo comparativo total de propiedad para distintas distancias en 10 años (Colones). Sedán						
	Eléctrico			Combustión		
	5000 km	10000 km	15000 km	5000 km	10000 km	15000 km
Precio		15151500			8775000	
Marchamo		3066900			2096832	
Electricidad / combustible	981066	1962132	2943199	4034456	8068911	12103367
Mantenimiento	595833	1191667	1787500	742500	1485000	2227500
Gastos		550000			550000	
Total	20345300	21922199	23499099	16052121	20682410	25312699

Fuente: Elaboración propia con datos de aplicación de (ConectaEV, 2020)

Tabla 53. Proyección de costos anuales (Colones). Sedán

Proyección de costos anuales (Colones). Sedán						
	Eléctrico			Combustión		
	5000 km	10000 km	15000 km	5000 km	10000 km	15000 km
Año 0	15336289	15471077	15605866	9447551	9830051	10212551
Año 1	15590978	15808001	16025024	10046953	10753903	11460853
Año 2	15916437	16217339	16518241	10684291	11725424	12766558
Año 3	16302485	16688944	17075403	11314842	12700184	14085527
Año 4	16739489	17213216	17686943	11939478	13679356	15419234
Año 5	17218033	17780773	18343513	12559520	14664569	16769618
Año 6	17674635	18328168	18981702	13176110	15657286	18138461
Año 7	18110136	18856279	19602422	13790418	16659004	19527589
Año 8	18526000	19366604	20207208	14189450	17457069	20724687
Año 9	18923424	19860379	20797334	14600454	18279076	21957698
Año 10	19303633	20338866	21374099	15023788	19125743	23227699

Fuente: Elaboración propia con datos de aplicación de (ConectaEV, 2020)

Tabla 54. Costo comparativo total de propiedad para distintas distancias en 10 años (Colones). Van

Costo comparativo total de propiedad para distintas distancias en 10 años (Colones). Van						
	Eléctrico			Combustión		
	5000 km	10000 km	15000 km	5000 km	10000 km	15000 km
Precio		20475000			11700000	
Marchamo		3817703			2547776	
Electricidad / combustible	1308088	2616176	3924265	5648238	11296476	16944714
Mantenimiento	595833	770000	1155000	742500	1485000	2227500
Gastos		550000			550000	
Total	26746624	28228879	29921967	21041847	26864252	32897490

Fuente: Tomado de aplicación de (ConectaEV, 2020)

Tabla 55. Proyección de costos anuales (Colones). Sedán

Proyección de costos anuales (Colones). Sedán						
	Eléctrico			Combustión		
	5000 km	10000 km	15000 km	5000 km	10000 km	15000 km
Año 0	20686663	20809992	20952488	12547569	13056069	13564569
Año 1	20996679	21229655	21481797	13337401	14300131	15262861
Año 2	21402302	21747116	22111097	14178463	15609050	17039637
Año 3	21889772	22348662	22826718	15011145	16923624	18836104
Año 4	22446070	23021317	23615730	15836629	18245458	20654287
Año 5	23058471	23752403	24465500	16656696	19576765	22496834
Año 6	23641189	24456178	25290334	17472892	20919538	24366184
Año 7	24195360	25133829	26091464	18286796	22275816	26264836
Año 8	24722960	25787377	26870960	18845442	23393107	27940773
Año 9	25225608	26418493	27630544	19420847	24543917	29666988
Año 10	25704958	27028879	28371967	20013514	25729252	31444990

Fuente: Tomado de aplicación de (ConectaEV, 2020)

Actividades de mantenimiento para VE y VCI.

Tabla 56. Plan de mantenimiento para VCI

Plan de mantenimiento para VCI											
Descripción	Rangos en miles de km										
	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Revisión de luces y accesorios estándar	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Inspección de daños	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Inspección visual de frenos	x	x									
Revisión de frenos, regulación o cambio			x	x	x	x	x	x	x	x	x
Chequeo de presión y desgaste de neumáticos	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Inspección de batería		x									
Cambio de filtro de aceite	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Cambio de aceite	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Cambio de filtro de combustible				x	x	x	x	x	x	x	x
Refrigerante del motor					x				x		
Inspección del líquido de frenos, embrague y transeje automático	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Cambio de líquidos de frenos					x				x		
Inspección de mangueras de vacío, conexiones y válvulas de retención de servo de los frenos.					x				x		
Inspección y corrección del sistema de frenos, embrague y escape	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Inspeccionar el aceite de transmisión para T/M	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Inspeccionar piezas del eje y suspensión			x		x		x		x		
Inspeccionar y corregir alineamiento de las ruedas			x		x		x		x		
Inspeccionar o reemplazar según sea necesario las pastillas, tambores y otros componentes de los frenos.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Inspeccionar o reemplazar según sea necesario los rotores y otros componentes de los frenos.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Engrasa rodamientos puntas del eje/cojinetes.				x					x	x	
Cambio de bujías.											x
Inspección filtro de aire.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Cambio de filtro de aire.					x				x		
Inspección filtro de calefacción y aire acondicionado.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Spray carburador o cuerpo inyección.		x	x		x	x		x	x	x	x
Costos aproximados en \$	55	190	300	300	440	300	300	300	440	300	600

Fuente: Elaboración propia con datos de (Torres Sarmiento, 2015)

Tabla 57. Plan de mantenimiento para VE

Plan de mantenimiento para VE					
Descripción	Rangos en miles de km				
	20	40	60	80	100
Revisión de luces y accesorios estándar	x	x	x	x	x
Inspección de daños	x	x	x	x	x
Inspección visual de frenos			x		x
Revisión de freno regenerativo	x	x	x	x	x
Revisión de frenos, regulación o cambio	x	x	x	x	x
Chequeo de presión y desgaste de neumáticos	x	x	x	x	x
Inspección del sistema eléctrico/electrónico	x		x		x
Revisión del motor eléctrico	x	x		x	x
Inspección de componentes electrónicos del motor	x	x		x	x
Inspección del sistema de baterías		x		x	x
Cambio de líquidos de frenos		x		x	
Inspección de mangueras de vacío, conexiones y válvulas de retención de servo de los frenos.		x		x	
Inspeccionar piezas del eje y suspensión	x	x	x	x	x
Inspeccionar y corregir alineamiento de las ruedas	x	x	x	x	x
Inspeccionar o reemplazar según sea necesario las pastillas, tambores y otros componentes de los frenos.	x	x	x	x	x
Inspeccionar o reemplazar según sea necesario los rotores y otros componentes de los frenos.	x	x	x	x	x
Engrasa rodamientos puntas del eje/cojinetes.		x		x	
Inspección filtro de calefacción y aire acondicionado.	x	x	x	x	x
Costos aproximados en \$	350	350	350	350	350

Fuente: Elaboración propia con datos de (Torres Sarmiento, 2015)

3.5.3 Proceso de reciclaje y reutilización.

Se busca básicamente empezar a desmontar cada pieza referente a los vehículos. Es importante destacar que no toda pieza se vuelve inútil al final del ciclo de vida general del equipo y puede ser reutilizada, por lo que estas se separan y organizan, junto con las piezas que requieren un proceso de reciclaje especial como las baterías. Para estas últimas, existen varios procesos que se pueden tomar en cuenta para la separación de los elementos que las componen y disponer de cada uno para tratamiento por aparte.

En la revisión de la literatura, se encuentra que según (Fuentes, 2010), para los componentes distintos a la batería, como carrocería y partes afines, es posible hacer un proceso de reciclaje de hasta 85% del peso del vehículo, esto debido a que estas partes están hechas mayoritariamente de materiales que pueden ser tratados en distintos procesos de reciclaje.

Ahora, en los procesos de baterías se recomienda no depositarlas en vertederos tradicionales o incinerarlas. Menciona, además, que usualmente estos procesos están sujetos a un 50% de eficiencia en la recuperación de sus componentes y que siempre, el proceso óptimo yace en buscar entes expertos en el tratamiento de este tipo de residuos.

Para este tipo de tratamientos se mencionan algunos tipos³:

- Proceso pirometalúrgico: Se plantea como objetivo fundamental de este proceso, la recuperación del cobalto de las baterías de li-ion, y níquel presente en las baterías de níquel y las de hidruro-metálico.
- Proceso hidrometalúrgico: Este proceso se basa en la recuperación del litio que existe en las baterías, siendo un factor importante el precio en el mercado de estos metales. Además, se hace una diferenciación entre los procesos a los que se someten las baterías según su constitución, sean de li-ion o de níquel/hidruro metálico.

Existen, además, procesos donde se pueden aprovechar las partes del vehículo que se desechan, como son las mencionadas baterías. Estos conjuntos de baterías pueden ser unidas en sistemas de almacenamiento para diversos sistemas como pueden ser microrredes. Estos sistemas constituyen alternativas explorables para aprovechar eficientemente los recursos disponibles.

³ Se mencionan los procesos de reciclado, sin embargo, no se profundiza en ellos ya que no es el objetivo del proyecto.

3.6. Análisis de resultados.

3.6.1. Comparación general

En términos generales, se plantea una comparación de ventajas y desventajas para los VE y los VCI, se contemplan no solo aspectos técnicos, sino también, de aspecto ambiental y de sustentabilidad. (Scrosati, Garche, & Tillmetz, 2015)

Tabla 58. Lista de ventajas y desventajas encontradas en los vehículos eléctricos.

Ítem	Ventaja	Ejemplo	Desventaja	Ejemplo
Sistema de propulsión y almacenamiento	Alta eficiencia del sistema de propulsión.	Eficiencia mayor o igual al 90% comparado con el 30% aproximado de motores de combustión	Algunos de estos sistemas, son muy pesados.	Las dimensiones del sistema de baterías necesarios para que los VE alcancen un rango razonable.
Tecnología de las baterías	Recargabilidad del sistema.	Carga por medio de la red o sistema de recuperación.	Tiempo del ciclo limitado y tecnología compleja de las celdas.	Desarrollo complejo de la ciencia de las baterías. (Materiales, procesos)
Confort y características de manejo	Excelente aceleración y transferencia de potencia comparada con la tecnología de combustión interna.	Torque característico del motor	Limitado rango eléctrico.	Baja densidad de energía en las baterías actuales.
Concepto del vehículo	Se desarrollan nuevos conceptos de vehículos.	Diseño de propósito. Ej: BMW i3	Mucho esfuerzo a pesar de los nuevos conceptos de vehículos.	Conocimiento necesario sobre nuevos procesos de tecnologías y materiales requeridos. (fibra de carbono, plástico reforzado)
Costos	Costo decreciente del ciclo de vida.	Costos de mantenimiento más bajos.	Alto costo de los componentes.	Costo actual de las baterías en dólares/kWh, alrededor de 250 a 600 \$/kWh.
Ecología/ Sustentabilidad	Libre de emisiones locales.	Sin emisiones de CO2 durante su uso.	Huella de carbono general	Variedad de fuentes de energía en la actualidad (no 100% renovable)
Energía	Soluciones de energía inteligentes.	Integración de los VE en las redes inteligentes.	Infraestructura actual.	Pocas estaciones de carga públicas.

Fuente: Elaboración propia con datos de (Scrosati, Garche, & Tillmetz, 2015)

3.6.2 Arrendamiento (Leasing)

Sobre arrendamiento de vehículos, se analizan las siguientes ventajas y desventajas:

Tabla 59. Tabla comparativa de ventajas y desventajas de adquirir servicio de arrendamiento.

Ventajas	Desventajas
No requiere desembolso de mayor capital.	El leasing de vehículos no financia el 100% de la inversión.
Oportunidad de renovación de flota a mediano plazo.	Se considera un pasivo en la deuda de la empresa.
La depreciación acelerada del bien	Plazos menos flexibles (mínimo 60 meses)
El arrendatario no paga los costes directos de la adquisición del vehículo referentes a impuestos de importación u otros como inscripciones.	El arrendatario asume la tenencia y conservación del bien
Aprovechamiento parcial o total de beneficio fiscal	Tasas de interés variables durante el período de contrato.
	Debe de adquirir el activo y cancelar los costos de traspaso (financiero)
	Cobro de comisiones y gastos administrativos
	Pago inicial de entre el 15% y el 25% del valor del vehículo.

Fuente: Elaboración propia con datos de (Adobe Total Fleet , 2020)

Los datos recopilados en la tabla anterior muestran que adquirir un servicio de leasing requiere de un estudio sobre las posibilidades económicas de la empresa, así como de sus requerimientos técnicos de operación.

3.6.3. Estudio financiero

Sobre estudio financiero:

Se presenta a continuación una tabla resumen de los valores obtenidos de los indicadores para el estudio financiero realizado sobre el cambio de flota:

Tabla 60. Resumen de indicadores obtenidos en el estudio financiero. (VAN y TIR)

		Sin Leasing				Con Leasing			
		Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
VAN (\$)	Con Dep.	98863	110345	119626	121094	91048	105382	114776	116123
	Sin Dep.	10582	63262	99427	96535	83950	102889	114755	112817
TIR	Con Dep.	41,91%	76,19%	169,17%	161,78%	59,15%	126,94%	325,62%	309,14%
	Sin Dep.	13%	56%	154%	144%	8%	48%	138%	129%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 61. Resumen de indicadores obtenidos en el estudio financiero. (ROI y ROA)

		Sin Leasing				Con Leasing			
		Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
ROI	Periodo 1	38%	82%	198%	186%	33%	76%	190%	178%
	Periodo 2	41%	88%	214%	200%	37%	83%	207%	194%
	Periodo 3	45%	95%	233%	218%	42%	93%	228%	213%
	Periodo 4	49%	105%	257%	241%	49%	105%	255%	239%
	Periodo 5	55%	118%	290%	271%	55%	118%	288%	269%
ROA	Periodo 1	22%	48%	124%	99%	18%	45%	119%	95%
	Periodo 2	23%	51%	133%	107%	21%	49%	129%	103%
	Periodo 3	25%	56%	145%	116%	24%	55%	142%	114%
	Periodo 4	27%	62%	161%	128%	27%	62%	159%	127%
	Periodo 5	31%	69%	181%	145%	31%	70%	180%	143%

Fuente: Elaboración propia

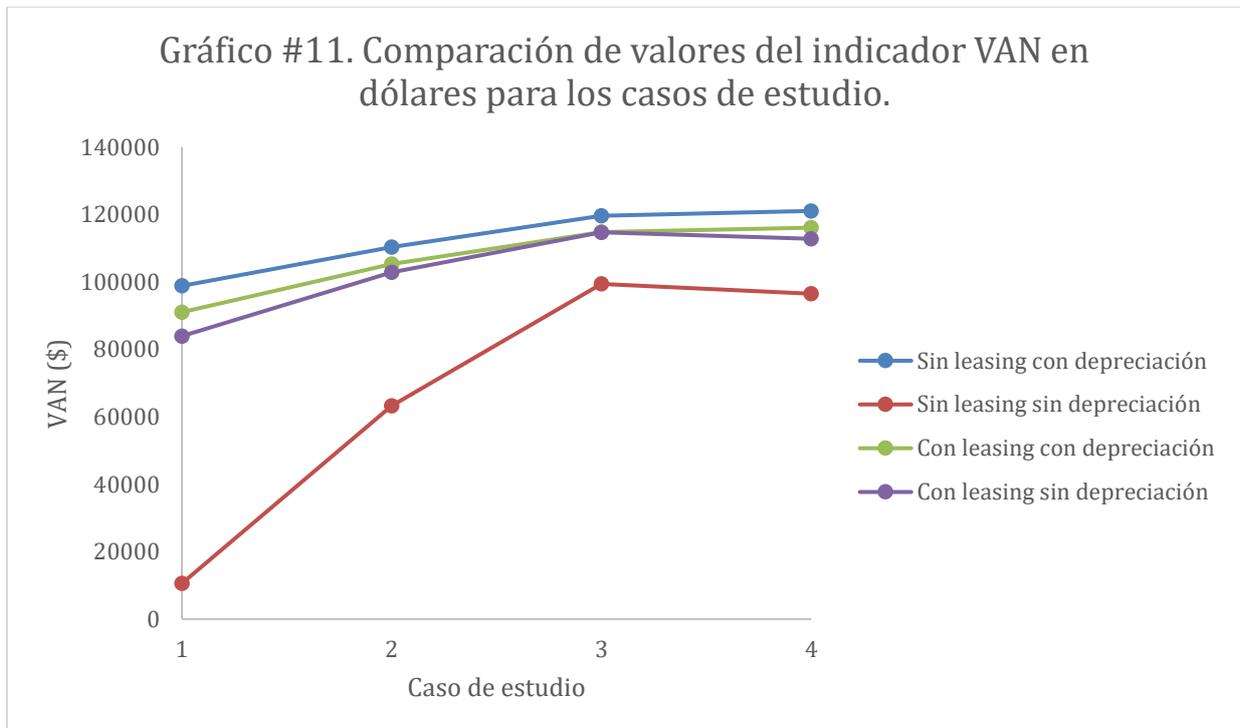


Figura 31. Comparación de valores del indicador VAN en dólares para los casos de estudio.

Fuente: Elaboración propia

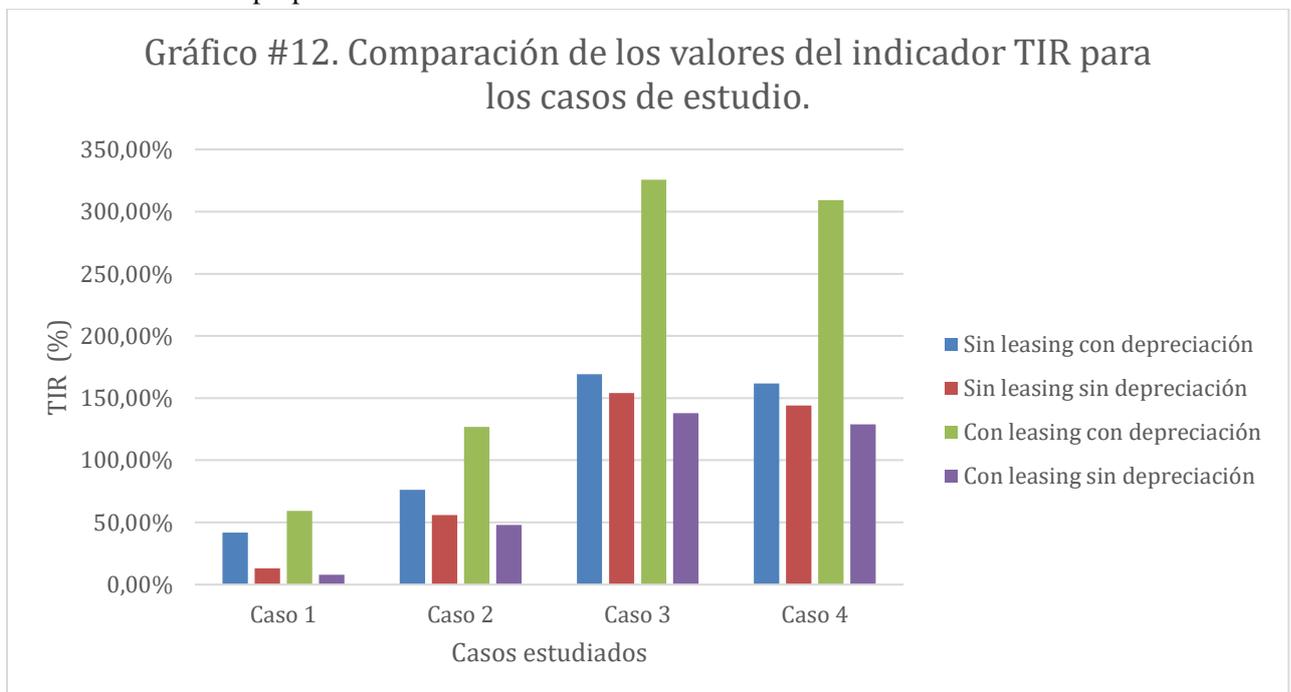


Figura 32. Comparación de los valores del indicador TIR para los casos de estudio.

Fuente: Elaboración propia con Microsoft Excel 360.

Se puede apreciar de las gráficas anteriores que, no existen valores del indicador VAN o TIR negativos, esto indica claramente que, cualesquiera de las alternativas estudiadas son viables. Ahora, esto es debido al alto ingreso anual con el que se estima el estudio financiero,

lo que compensa en todos los casos, los pagos asociados a la inversión del o los VEs. Estos altos ingresos son debido a que el negocio de la reparación de escaleras, ascensores y rampas eléctricas requiere de una especialización técnica sólida y específica que brinda la empresa, no solo a nivel de construcción de los equipos, sino también de preparación continua al personal técnico. No obstante, aun tomando en cuenta los incentivos de ley para los VE, como se aprecia en el estudio del costo total de posesión presentado anteriormente, que los indicadores financieros VAN, TIR, ROI y ROA sean positivos, los costos a largo plazo no garantizan que haya un ahorro significativo en dinero comparando directamente las alternativas entre los vehículos actuales de la marca Suzuki, contra los vehículos de la marca ByD de tipo eléctrico con los que se pretende cambiar la flota. Los cálculos efectuados mostrados en la sección de Apéndices, muestra que claramente existen ahorros monetarios por el cambio de combustible fósil por usar energía eléctrica. De hasta \$3600 aproximadamente. Lo cual concuerda con los datos mostrados en la Tabla 52. Costo comparativo total de propiedad para distintas distancias en 10 años (Colones). Sedán y la Tabla 54. Costo comparativo total de propiedad para distintas distancias en 10 años (Colones). Van. Donde se aprecia que el ahorro en combustible es notable, mas no contundente para el resultado total, esto es una resolución apoyada por (Araya-Fonseca, 2018) en su estudio de introducción de VE al uso particular. De forma evidente, un vehículo de empresa no recorre la misma cantidad de kilómetros que uno particular, pero los vehículos analizados pueden ser usados en cualquiera de los dos escenarios. Entonces, este resultado indica que los ahorros generados por el cambio de combustible, los incentivos de ley propuestos por el gobierno, la disminución de partes y ahorro en mantenimiento, aún así no compensan el alto costo inicial del vehículo. La Tabla 58. Lista de ventajas y desventajas encontradas en los vehículos eléctricos., ejemplifica esta situación y acota claramente que esto es debido a la tecnología de la batería. Los altos costes de fabricación y desarrollo de esta tecnología son los que generan que el vehículo en cuestión tenga un precio tan inflado en comparación con los de motor de combustión, siendo este porcentaje, según la literatura, de incluso un 50% del valor del vehículo.

Sin embargo, el análisis de sensibilidad efectuado muestra que, a menor kilometraje recorrido, es mayor la brecha de potencial ahorro, esto haciendo referencia a que, los VCI gastaran menos a largo plazo, si se recorren relativamente pocos kilómetros anuales. Ahora, conforme se aumente la cantidad de kilómetros recorridos anualmente, es posible percibir un ahorro. La Tabla 53. Proyección de costos anuales (Colones). Sedán y la Tabla 55. Proyección de costos anuales (Colones). Sedán, muestran que en el caso de 15000 km anuales, se empiezan

a percibir ahorros a partir del año 7 aproximadamente. Una consecuencia lógica, yace en que si aumentan aún más el número de kilómetros, bajo las condiciones de los vehículos estudiados, mayor va a ser el ahorro. Esta diferencia aparece por la comparación de costos de la gasolina y de la electricidad a nivel nacional. Aún estimando los gastos con un 2% de aumento debido a la inflación, el ahorro percibido por usar electricidad como fuente de energía hace que el VE sea viable, y además de la fuente de energía, el costo de mantenimiento del VE es menor al del VCI y este se ve reflejado en el impacto financiero bajo esta circunstancia.

3.6.4. Huella de carbono

La estimación de la huella de carbono se realiza de acuerdo con datos promedio de los recorridos de los vehículos de la flotilla actual, donde se le da un peso repartido del total del valor de kilómetros distribuido a cada uno de los cuatro vehículos. Esto debido a que, aunque su construcción es distinta, son estos vehículos los que atienden las emergencias o requerimientos técnicos de los clientes en el servicio de mantenimiento o reparación de un equipo en un lugar específico. Esto quiere decir, que los vehículos en cuestión pueden rotar sus funciones o incluso cambiar de encargado y seguir funcionando como se estipula administrativamente. Así, se hace una aproximación de los kg CO₂ mensuales que emite cada vehículo y el acumulado desde que se tienen datos para este estudio. Directamente comparado con los VEs, existe una reducción contundente durante el uso sobre un 100% de los KgCO₂ mensuales emitidos. No obstante, como se ha mencionado anteriormente, durante la etapa del diseño de ambos vehículos, resulta que, la cantidad de CO₂ producida en la fabricación, es mayor en los VEs debido a las tecnologías empleadas la manufactura de las baterías, pero, durante el uso, se compensa con el tiempo esta ventaja inicial que tienen las emisiones de gases de efecto invernadero por parte de los VE.

Del apéndice 2, se tiene que, para los VCI, su equivalente energético de consumo en Wh/km es de 7590 para el modelo Swift y de 10890 para el modelo APV Panel, comparados con su contra parte eléctrica, el modelo e1, es 105,6 Wh/km y para el modelo T3, 165 Wh/km. Donde se aprecia la diferencia de consumo entre ambas alternativas de hasta 10 veces el consumo. Esto debido, a como se mencionó anteriormente, la eficiencia de la combustión de combustible para aprovechamiento del automotor es alrededor de 40%, lo que ocasiona que se necesite mucha más energía para suplir la misma cantidad de trabajo neto.

Resumen de indicadores sobre huellas de carbono.

A partir de un valor fijado de autonomía de 200 km como criterio para comparar se tiene que el cambio de los indicadores sobre eficiencia energética, costos de mantenimiento y nivel de emisiones es:

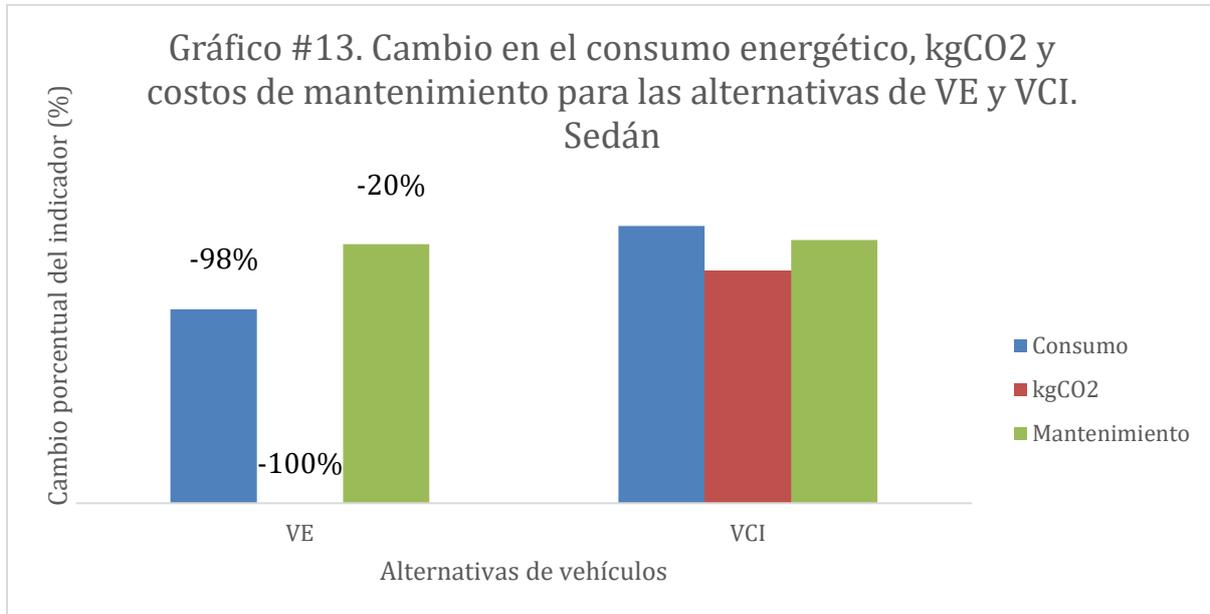


Figura 33. Cambio en el consumo energético, kgCO2 y costos de mantenimiento para las alternativas de VE y VCI. Sedán

Fuente: Elaboración propia con Microsoft Excel 360.

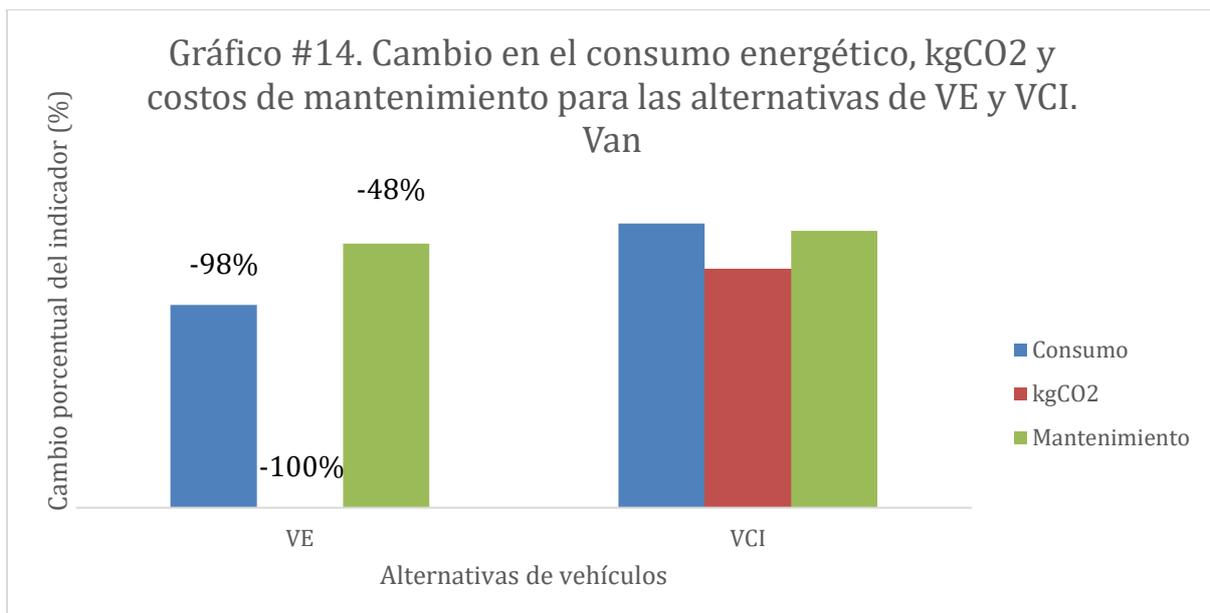


Figura 34. Cambio en el consumo energético, kgCO2 y costos de mantenimiento para las alternativas de VE y VCI. Van

Fuente: Elaboración propia con Microsoft Excel 360.

CAPÍTULO 4.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones.

Objetivo específico 1. Sobre estudio financiero

- Se encontró que los indicadores financieros VAN, TIR, ROI y ROA dieron resultados positivos, debido a que se reportan grandes ganancias anuales asociadas a los servicios de mantenimiento y venta de equipos y componentes que se dan gracias a los vehículos, por lo que el proyecto es técnicamente viable.
- Asociado el estudio conjunto sobre el costo total de posesión, se encuentra que, bajo las condiciones de operación proyectadas, en un período de 10 años, cambiar a VE no generaría ahorros monetarios debido a su alto costo. Debería recorrer, al menos, 3 veces más kilómetros anuales para generar ahorros y a partir de un período superior a los 5 años de uso.
- El uso de arrendamiento o leasing es útil de acuerdo con el sistema de operación de la entidad financiera que lo preste, esto es, el acuerdo que se alcance para el final del contrato sobre mantener los vehículos o poder renovarlos. En términos financieros, recurrir al arrendamiento genera mejores valores de indicadores financieros que usar el dinero de la empresa.

Objetivo específico 2. Sobre impacto de la huella de carbono

- En términos de la eficiencia energética, se muestra que los VE manejan un rango de eficiencia de entre 70% a 90%, mientras que los VCI, dan una eficiencia de entre 30% y 40% según el diagrama de flujo de energías mostrado. Esto se refleja en un ahorro por concepto de combustible de hasta 58% hasta un 75% (en casos donde se recorran muchos km anuales) al usar electricidad en lugar de gasolina.
- Se encuentra una reducción en los costos de mantenimiento de entre 20% y 50% dependiendo de los tipos de partes y asociado a estos, una reducción en la emisión de GEI por la eliminación de uso de aceites para motor y gasolina.
- Sobre las emisiones directas debidas al uso de los vehículos de la flota regular, se encuentra una reducción del 100% proyectado por el uso de VE al no haber procesos de combustión que emanen gases contaminantes como el CO₂.

Objetivo específico 3. Sobre centros de carga

- El estudio sobre las características de los centros de carga disponibles da como resultado la elección de centros de carga de la marca ELCO, debido a su precio en el mercado y que cumple con los requerimientos técnicos para poder instalarlos como centros de carga en la oficina y posiblemente en alguna residencia de los encargados de los vehículos para mantener alta disponibilidad.
- Los incentivos de ley han promovido la construcción e instalación de muchos centros de carga públicos a nivel de la GAM y fuera de ella, por lo que el acceso a estos sirve para mantener el acceso de carga rápida de los vehículos y seguir operando.

Objetivo específico 4. Sobre ciclo de vida útil

- El análisis de ciclo de vida útil muestra que los VE generan más gasto energético en su fabricación y con ello, más aporte de CO₂ a la atmósfera que los de VCI.
- Durante esta misma etapa, en términos financieros, se encuentra que, el costo de los VE es más elevado que los VCI debido a la madurez de la tecnología, esto es, que las baterías de los VE generan que su costo se incremente debido a que es una tecnología con mucho desarrollo por ejecutar comparado con la de los VCI y la industria del petróleo.
- En la etapa de uso, siendo la más crítica para el estudio, se encuentra que, los VE logran reducir las emisiones de GEI en un 100% y así compensar en el período útil, las emisiones de la fabricación.
- El impacto financiero durante el uso yace en la utilización del vehículo, esto se refiere a que, entre más se use el vehículo y más kilómetros recorra, mejor es la relación de ahorro en gastos de combustible con respecto al VCI debido a la diferencia de precios de la gasolina y la electricidad.
- La etapa de disposición centra su impacto en el tratamiento que debe darse a las baterías, ya que, estas pueden ser dañinas para el ambiente en general, por lo que se recomienda encontrar un ente especializado para su tratamiento y recuperación de materiales.
- Además, las baterías no necesariamente deben ser desechadas, se encuentran usos como bancos de almacenamiento de energía con estas baterías para emergencias.

4.2. Recomendaciones

- Aunque se determina que el proyecto es viable, la cantidad de km recorridos por cada vehículo de la empresa muestra que no existen ahorros proyectados a 10 años. Por lo que se recomienda no cambiar la flota actual al menos que se triplique, la cantidad de km de rutas de los vehículos.
- Según las proyecciones dadas por el estudio de literatura, en un período de 5 años (para 2025), los costos de la tecnología de la batería habrán madurado lo suficiente para bajar sus costos y que, adquirir estos vehículos sea más viable.
- En caso de querer adquirir un VE, ya sea por los incentivos de ley o reducir la huella de carbono de la empresa, se debe capacitar a los encargados del vehículo para que su conducción sea óptima. Esto implica necesariamente, que se reducen los impactos ambientales por el uso de energía de más y desgastes en las partes mecánicas y eléctricas por uso inadecuado.
- Los centros de carga se pueden combinar con generación distribuida y elementos generadores de energías limpias como turbinas eólicas y paneles solares para reducir aún más la huella de carbono.
- Generar un seguimiento a la flotilla más estricto permitiría obtener mayor cantidad de datos, por ende, más precisión y exactitud para las proyecciones futuras. Por lo que se recomienda seguir más de cerca los kilometrajes de los vehículos, así como sus condiciones de operación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- [1] Adobe Total Fleet . (14 de Marzo de 2020). *El leasing de vehículos en Costa Rica*. Obtenido de <https://www.totalfleetcr.com/leasing-costa-rica/>
- [2] Alexander, C., & Sadiku, M. (2013). *Fundamentals of electric circuits*. Nueva York: McGraw-Hill.
- [3] Alternative Fuels Data Center. (2018). *Maps and Data. Average Annual Fuel Use by Vehicle Type*. U.S Department of Energy.
- [4] Araya-Fonseca, G. (2018). *Introducción de vehículos eléctricos de uso particular en Costa Rica: costo total de posesión e impacto en la red eléctrica de distribución*.
- [5] ARESEP. (16 de Abril de 2020). *ARESEP. Transparencia. Datos Abiertos*. Obtenido de <https://aresep.go.cr/transparencia/datos-abiertos>
- [6] Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica. (2018). *Ley No. 9518. Incentivos y promoción para el transporte eléctrico*. San José.: Gobierno de la República de Costa Rica.
- [7] Asamblea Legislativa de Costa Rica . (1992). *Ley No. 7414 Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático*. San José, Costa Rica .
- [8] Asamblea Legislativa de Costa Rica. (03 de Julio de 2002). *Ley No. 8219, Aprobación del Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático*. San José, Costa Rica .
- [9] Asamblea Legislativa de Costa Rica. (06 de octubre de 2016). *Ley No.9405, Aprobación del Acuerdo de París*. San José, Costa Rica.
- [10] Asamblea Legislativa de Costa Rica. (2010). *Ley No.8839, Ley para la Gestión Integral de Residuos*. San José, Costa Rica .
- [11] Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica. (2018). *Ley No. 9518. Incentivos y promoción para el transporte eléctrico*. San José.: Gobierno de la República de Costa Rica.
- [12] Asociación Canaria de Meteorología. (25 de 05 de 2020). *Las emisiones antropogénicas*. Obtenido de <http://www.acanmet.org/portal/pages/climatologia/cambio-climatico/las-emisiones-antropogenicas.php>
- [13] Ballesteros, H. B., & Aristizabal, G. L. (2007). *Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático* . . Bogotá: IDEAM.
- [14] Barboza, J. (2018). *Desarrollo de una propuesta de un sistema de carga interno para vehículos eléctricos*. . Cartago: Tecnológico de Costa Rica.
- [15] Blank, L., & Tarquin, A. (2006). *Ingeniería Económica*. McGraw Hill.
- [16] BMW. (02 de Julio de 2020). *Potential gasoline savings of \$4,446 over 6 years average driving*. Obtenido de <https://www.bmwusa.com/vehicles/bmw/i3/sedan/pricing-features.html>
- [17] Boyte-White, C. (17 de Diciembre de 2019). *Investopedia. Corporate Finance & Accounting.How to Calculate Return on Assets (ROA) With Examples*. Obtenido de <https://www.investopedia.com/ask/answers/031215/what-formula-calculating-return-assets-roa.asp>
- [18] Brenes, R. (2016). *Ubicación y dimensionamiento de estaciones de recarga rápida de vehículos eléctricos en redes de distribución utilizando información GIS*. San José: Universidad de Costa Rica.

- [19] Calvo-Román, J. P. (2019). *Estudio de factibilidad, basado en el análisis de ciclo de vida, de un sistema de energía renovable para alimentar un punto de carga para recargar la batería de vehículos eléctricos en diferentes comercios de la zona de Monteverde*. Cartago: Tecnológico de Costa Rica.
- [20] Cengel, Y., & Boles, M. (2015). *Termodinámica*. 8 ed. México: McGraw-Hill Educación.
- [21] Chapman, S. (2012). *Máquinas eléctricas*. México: McGraw-Hill Interamerica Editores.
- [22] Chen, J. (20 de Enero de 2020). *Investopedia. Corporate Finance and Accounting. Return on Investment (ROI)*. Obtenido de <https://www.investopedia.com/terms/r/returnoninvestment.asp>
- [23] Cisneros, M. (Abril de 2017). *El Financiero. Finanzas. Leasing da la pelea a los créditos tradicionales*. Obtenido de <https://www.elfinancierocr.com/finanzas/leasing-le-da-pelea-a-los-creditos-tradicionales/CTBCEDOR3JHU3OYMIEQYRWFYHA/story/>
- [24] ConectaEV. (09 de Junio de 2020). *Comparador de costes total de propiedad*. Obtenido de <https://tco.conectaev.com/>
- [25] Convención del marco de las Naciones Unidas para el cambio climático . (1998). *Protocolo de Kyoto*. Kyoto.
- [26] Corvo, H. (2019). *Estudio de prefactibilidad: para qué sirve, cómo se hace, ejemplo*. Lifeder. Administración y Finanzas. Obtenido de <https://www.lifeder.com/estudio-de-prefactibilidad/>
- [27] Crompton, T. (2000). *Battery reference book*. Elsevier .
- [28] Dhameja, S. (2001). *Electric vehicle battery systems*. Elsevier Science.
- [29] Egede, P. (2017). *Environmental Assessment of Lightweight Electric Vehicles* . Suiza: Sustainable Production, Life Cycle Engineering and Management. Springer International Publishing.
- [30] Ehrhardt, M., & Brigham, E. (2011). *Financial Management: Theory and Practice*. Estados Unidos: South-Western Cengage Learning .
- [31] ELCO CR. (15 de Marzo de 2020). *ELCO. Estaciones de carga*. Obtenido de <https://www.elcocrc.com/productos>
- [32] Electric Vehicle Data Base. (15 de 05 de 2020). *EV Data Base*. Obtenido de <https://ev-database.org/>
- [33] Environmental Protection Agency. (2010). *Miles per Gallon of Gasoline-equivalent (MPGe)*. Gobierno de los Estados Unidos de Norteamérica.
- [34] Fernández, S. (2010). *Los proyectos de inversión* . Cartago: Editorial Tecnológica.
- [35] Flórez, Álvarez, J. A., & Agramunt, I. C. (2005). *Motores alternativos de combustión interna*. España: Universitat Politècnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politècnica.
- [36] Fuentes, A. (2010). *Análisis estratégico de reciclado de baterías en para vehículos eléctricos*. Leganés, España: Universidad Carlos III de Madrid .
- [37] Gobierno de la República de Costa Rica. (2018). *Plan nacional de transporte eléctrico 2018-2030* . San José.
- [38] Gómez, M. (2016). *Elementos de estadística descriptiva*. San José: Editorial UNED.
- [39] González Barrios, G. (2013). *Vehículos eléctricos. Desafíos y oportunidades para la región de América Latina*. Montevideo. Uruguay.
- [40] Haya, E. (2016). *Análisis del ciclo de vida*. España: Escuela de Organización Industrial.
- [41] Hee Kim, Y. (2014). *A global analysis and market strategy in the electric vehicle battery industry*. Massachusetts Institute of Technology.
- [42] Helms, H., Kamper, C., & Lambrecht, U. (2018). *Carbon dioxide and consumption reduction through electric vehicles* . Heidelberg, Alemania: IFEU—Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH.

- [43] Hernández Sampieri, R., Fernández, C., & Pilar, B. (2010). *Metodología de la investigación* (Quinta ed.). Perú: Empresa Editora El Comercio S.A. McGraw-Hill.
- [44] Herrera, J. (2011). Inventario de emisiones de contaminantes criterio de Costa Rica en 2011. *Revista de Ciencias Ambientales*, 48(1), 5-19.
doi:<https://doi.org/10.15359/rca.48-2.1>
- [45] Herrera, W. (2019). *Empresas ahorrarían hasta €2 millones anuales al cambiar a flota de autos eléctricos*. San José: Periódico La República. Obtenido de <https://www.larepublica.net/noticia/empresas-ahorarian-hasta-2-millones-anuales-al-cambiar-a-flota-de-autos-electricos>
- [46] Herrera, W. (2019). *Nuevo Nissan Leaf 100% eléctrico recorre 100 kilómetros con €2 mil de carga*. Periódico La República. Obtenido de <https://www.larepublica.net/noticia/nuevo-nissan-leaf-100-electrico-recorre-100-kilometros-con-2-mil-de-carga>
- [47] Herrmann, F., & Rothfuss, F. (2015). Introduction to hybrid electric vehicles, battery electric vehicles, and off-road electric vehicles . *Fraunhofer Institute for Industrial Engineering IAO*, 34-63.
- [48] IMN & MINAE. (2015). *Inventario Nacional de gases de efecto invernadero y absorción de carbono 2015*. San José.
- [49] Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. (2011). *INTEISO 50001. Sistemas de gestión de la energía — Requisitos con orientación para su uso. .* San José: INTECO.
- [50] Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. (2007). *INTEISO 14040. Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia. .* INTECO.
- [51] Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. (2007). *INTEISO 14044. Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Requisitos y directrices.* INTECO.
- [52] Instituto Meteorológico Nacional. (2019). *Factores de emisión de gases de efecto invernadero. Novena edición.* San José.
- [53] Intergovernmental Panel on Climate Change. (2013). *Climate Change 2013. The Physical Science Basis.* Cambridge University Press.
- [54] International Energy Agency. (2019). *Global EV Outlook 2019.*
- [55] Kubaisi, R., Gauterin, F., & Giessler, M. (2014). *A Method to Analyze Driver Influence on the Energy Consumption and Power Needs of Electric Vehicles .* Karlsruhe, Alemania: IEEE.
- [56] Lara, J. (2019). *CARGAR EL CARRO ELÉCTRICO PARA RECORRER 100 KILÓMETROS COSTARÍA €3.200*. San José: Periódico La Nación. Obtenido de <https://www.nacion.com/el-pais/servicios/cargar-el-carro-electrico-para-recorrer-100/XGNB6XGDVZAMJMCOTQDD5H22NE/story/>
- [57] Larminie, J., & Lowry, J. (2003). *Electric Vehicle Technology Explained.* Inglaterra: John Wiley & Sons Ltd.
- [58] León, J., González, E., Díaz, J., & Sorli, J. (2016). *DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA DE GESTIÓN DE FLOTAS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.* España: Economía industrial, (400), 59-68.
- [59] Lorenzana, D. (Diciembre de 2013). *PYMES y Autónomos. ¿Qué es el ROA de una empresa?* Obtenido de <https://www.pymesyautonomos.com/administracion-finanzas/que-es-el-roa-de-una-empresa>
- [60] Lutsey, N., & Nicholas, M. (2019). *Update on electric vehicle costs in the United States through 2030.* The International Council of Clean Transportation.

- [61] Martínez-Villegas, A. (2007). *Motores de combustión interna*. Sant Celoni: IEX Baix Montseny.
- [62] Messagie, M. (2017). *Life cycle analysis of the climate impact of electric vehicles*. Bruselas: VUB University.
- [63] MINAE. (2019). *Reglamento para la construcción y el funcionamiento de la red de centros de recarga eléctrica para automóviles eléctricos por parte de las empresas distribuidoras de energía eléctrica*. San José: Gobierno de la República de Costa Rica.
- [64] Ministerio de Ambiente y Energía. (2015). *Plan Nacional de Energía 2015-2030*. San José.: Gobierno de la República de Costa Rica.
- [65] Ministerio de Ambiente y Energía. (2018). *Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050*. San José: Gobierno de la República de Costa Rica.
- [66] Ministerio de Ambiente y Energía. Dirección de Energía. (25 de Marzo de 2020). *Vehículos eléctricos en Costa Rica*. Obtenido de <https://web.energia.go.cr/2020/03/16/movilidad-electrica-costa-rica/>
- [67] Ministerio de planificación nacional y política económica. (MIDEPLAN). (2019). *Plan nacional de desarrollo y de inversión pública del bicentenario 2019-2022*. Costa Rica.
- [68] Ministerio del Ambiente y Energía. (2019). *Costa Rica. II Informe Bienal de actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. San José.
- [69] Moya, M., & Robles, N. (2011). *Probabilidad y Estadística. Un enfoque teórico y práctico*. Cartago: Editorial Tecnológica.
- [70] National Fire Protection Association. (2013). *NEC 2014: National Electric Code. NFPA 70*.
- [71] Poder Ejecutivo de Costa Rica. (1994). *Decreto Ejecutivo No. 23335-MINAE, Crea la comisión Nacional de conservación de energía*. San José, Costa Rica .
- [72] Poder Ejecutivo de Costa Rica. (2018). *Decreto Ejecutivo No. 41092-MINAE-H-MOPT, Reglamento de incentivos para el transporte eléctrico*. San José , Costa Rica .
- [73] Poder Legislativo . (2017). *EXPEDIENTE N.º 19.744. LEY INCENTIVOS Y PROMOCIÓN PARA EL TRANSPORTE ELÉCTRICO*. La Uruca: Imprenta Nacional .
- [74] Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2015). *Objetivos del Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>
- [75] Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2016). *Movilidad eléctrica. Oportunidades para Latinoamérica*. Euroclima.
- [76] Programa Estado de la Nación. (15 de Abril de 2020). *Programa Estado de la Nación. Estadísticas*. Obtenido de <https://estadonacion.or.cr/estadisticas/>
- [77] Quiros-Tortós, J., Ochoa, L., Alnaser, S., & Butler, T. (2016). *Control of EV Charging Points for Thermal and Voltage Management of LV Networks* . IEEE Transactions on Power Systems.
- [78] Refinadora Costarricense de Petróleo. (Marzo de 2018). *RECOPE. Poder Calórico*. Obtenido de <https://www.recope.go.cr/productos/calidad-y-seguridad-de-productos/poder-calorico/>
- [79] Refinadora Costarricense de Petróleo. (29 de Marzo de 2020). *Precios históricos*. Obtenido de <https://www.recope.go.cr/productos/precios-nacionales/historicos/>

- [80] Rojas, L. (2020). *Estudio de prefactibilidad de análisis de costos y vida útil para automóviles tipo sedán de Combustión interna y eléctricos de uso particular*. Cartago.: Tecnológico de Costa Rica.
- [81] Sánchez, L. (2018). *Diagnóstico sobre la situación del transporte y la movilidad en Costa Rica*. San José: INFORME ESTADO DE LA NACIÓN EN DESARROLLO HUMANO SOSTENIBLE 2018.
- [82] Sánchez, L., Agüero, J., & Guadamuz, R. (2018). *Identificación y modelación de la meta en transporte para Costa Rica, alternativas para alcanzarla y sus implicaciones*. San José: INFORME ESTADO DE LA NACIÓN EN DESARROLLO HUMANO SOSTENIBLE 2018.
- [83] Sanz, S. (2017). *Motores. El motor de combustión interna*. Editex.
- [84] Sapag, N., Sapag, R., & Sapag P., J. (2014). *Preparación y evaluación de proyectos*. D.F. México: McGraw-Hill.
- [85] Scholtez Ruiz, R. (2019). *Impacto del vehículo eléctrico en la industria española: disrupción económica en ciernes*. España: Economía industrial.
- [86] Scrosati, B., Garche, J., & Tillmetz, W. (2015). *Advances in Battery Technologies for Electric Vehicles*. Cambridge.: Woodhead Publishing. Elsevier.
- [87] Shankleman, J. (25 de mayo de 2017). Pretty soon electric cars will cost less than gasoline. *Bloomberg New Energy Finance*.
- [88] Spath, D., & Herrmann, F. (2011). Strukturstudie e-mobil BW 2011, Fraunhofer IAO, e-mobil BW. *Landesagentur für Elektromobilität und Brennstoffzellentechnologie*, 8.
- [89] Suzuki CR. (2017). *Catálogo APV Panel Van*.
- [90] Suzuki CR. (2017). *Catálogo Suzuki Swift*.
- [91] Tavares, L. (2000). *Administración Moderna del Mantenimiento*. Brasil: Novo Polo Publicacoes.
- [92] Torres Sarmiento, J. D. (2015). *Estudio de viabilidad en la implementación de vehículos eléctricos en la ciudad de Cuenca*. Cuenca : Universidad Politécnica Salesiana.
- [93] U.S Department of Energy . (25 de 05 de 2020). *Carbon Dioxide Information Analysis Center* . Obtenido de <https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/>
- [94] U.S Department of Energy. (2010). *Fuel Conversion Factors to Gasoline Gallon Equivalents*. Energy Efficiency & Renewable Energy.
- [95] U.S Department of Energy. (15 de 05 de 2020). *Compare Side-by-Side*. Obtenido de <https://www.fueleconomy.gov/>
- [96] United Nations Framework Convention on Climate Change. (2008). *Kyoto Protocol Reference Manual on Accountings of Emissions and Assigned Amount*.
- [97] Wildi, T. (2007). *Máquinas eléctricas y sistemas de potencia*. México: Pearson Educación.
- [98] Yong, J., Ramachandaramurthy, V., Tan, K., & Mithulananthan, N. (2015). *A review on the state-of-the-art technologies of electric vehicle, its impacts and prospects*. Elsevier. Renewable and Sustainable Energy Reviews.
- [99] Zsuzsa, P., Drossinos, Y., & Thiel, C. (2017). *The effect of fiscal incentives on market penetration of electric vehicles: A pairwise comparison of total cost of ownership*. Italia.: Elsevier. Energy Policy.

Apéndices

Memoria de cálculo.

Aproximación de ahorros anuales según (BMW, 2020) en los Estados Unidos

- Para VCI:

Asumiendo datos promedio de 12,7 km/litro, un valor de 0,74\$/litro y un recorrido anual de 21562 km.

Litros anuales:

$$\frac{21562 \text{ km/l}}{12,7 \text{ km/l}} = 1697,8 \text{ l/año}$$

Dólares anuales:

$$1697,9 \frac{\text{l}}{\text{año}} * 0,74 \frac{\$}{\text{l}} = 1256,4 \frac{\$}{\text{año}}$$

En 5 años de inversión en gasolina:

$$1256,4 \frac{\$}{\text{año}} * 5 \text{ años} = 6281,8 \$$$

- Para VE:

Asumiendo datos promedio de 187,5 Wh/km, un valor de 0,0001289\$/Wh y un recorrido anual de 21562 km.

Consumo Wh anual:

$$21562 \frac{\text{km}}{\text{año}} * 187,5 \frac{\text{Wh}}{\text{km}} = 4,0428 \times 10^6 \frac{\text{Wh}}{\text{año}}$$

Dólares anuales:

$$4,0428 \times 10^6 \frac{\text{Wh}}{\text{año}} * 0,0001289 \frac{\$}{\text{Wh}} = 521,12 \frac{\$}{\text{año}}$$

En 5 años de inversión en gasolina:

$$521,12 \frac{\$}{\text{año}} * 5 \text{ años} = 2605,6 \$$$

Ahorro aproximado:

$$(6281,8 - 2605,6)\$ = \$ 3676,2$$

Equivalente en kW de Gasolina para autonomía de vehículos

De Tabla 1. Datos de galones de gasolina equivalentes y sus conversiones en diferentes unidades

Gasolina regular: 125,29 kWh/litro

Para Suzuki Swift 2017

Eficiencia del motor: 16,5 km/litro

$$\text{Eficiencia Equivalente} = \frac{125,29 \text{ kWh/litro}}{16,5 \text{ km/litro}} = 7,59 \text{ kWh/km}$$

Para Suzuki APV Panel

Eficiencia del motor: 11,5 km/litro

$$\text{Eficiencia Equivalente} = \frac{125,29 \text{ kWh/litro}}{11,5 \text{ km/litro}} = 10,89 \text{ kWh/km}$$

Anexos

Fichas técnicas de los vehículos.

Suzuki Swift 2017

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

Número de puertas	5		
Motor	Gasolina		
Sistema de tracción	1.2L VVT		
	2WD		
DIMENSIONES			
Largo	mm	3,850	
Ancho	mm	1,695	
Alto	mm	1,530	
Distancia entre ejes	mm	2,430	
Ancho de vía	Delantera	mm 1,490(15inch) / 1,480(16inch)	
	Trasera	mm 1,495(15inch) / 1,485(16inch)	
Giro mínimo de radio*	mm	4.8(15inch)	
Altura mínima del suelo	mm	170	
CAPACIDADES			
Capacidad de personas	personas	5	
Capacidad de cajuela*	Max. volumen (sin / con techo corredizo)	litros 900/870	
	Asientos inclinados traseros(VDAmethod)	litros 533	
	Asientos normales (VDAmethod)	litros 210	
Capacidad del tanque	litros	42	
MOTOR			
Tipo	K12M		
Número de cilindros	4		
Número de valvulas	16		
Cilindraje	cm ³	1,197	
Diámetro x carrera	mm	73.0x71.5	
Relación de Compresión	10.0		
Máxima potencia	kW/rpm	64/6,000	
Máximo torque	N·m/rpm	114/4,000	
Sistema de distribución	Inyección Multipunto		
TRANSMISIÓN			
Tipo	5MT	4AT	
Giro de radio	1ra	3.545	2.875
	2da	1.904	1.568
	3ra	1.310	1.000
	4ta	0.969	0.697
	5ta	0.769	-
	Reversa	3.250	2.300
Final gear ratio	4.105	4.375	
CHASIS			
Dirección	Rack & piñón		
Frenos	Delantero	Disco Ventilado	
	Trasero	Tambor / Disc	
Suspensión	Delantero	MacPherson con muelles helicoidales	
	Trasero	Barra de torsión con muelles helicoidales	
Llantas	165/80R14		
PESO			
Peso vacío (min./with full options)	kg	1,005/1,025	1,025/1,055
Peso bruto	kg	1,480	
RENDIMIENTO			
Máxima velocidad	km/h	170	165
0-100 km/h*	secs	10.9	12.3

*: Datos



Especificaciones técnicas

Puertas 5
Motor { 1.600 cc
Gasolina

Sistema de manejo 2WD
Transmisión 5MT

MOTOR Y TRANSMISIÓN

Serie G16AID
Número de cilindros 4
Número de válvulas 16
Cilindrada 1,600 cm³
Potencia máxima 91 HP / 5.750 rpm
Máximo torque 127 Nm / 4.500 rpm
Distribución de combustible Inyección Multipunto
Diámetro x carrera 75.0 x 90.0 mm
Relación de de compresión 9.5

CHASIS

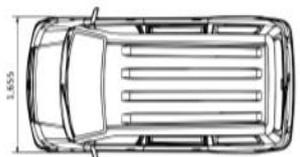
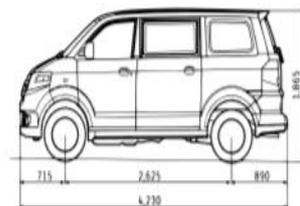
Suspensión { Delantero Tipo MacPherson (con resorte helicoidal)
Trasero Eje rígido (resorte de hoja)
Frenos { Delantero De disco ventilado
Trasero De tambor
Llantas 185R14C - 185/80R14
Dirección Cremallera y piñón

CAPACIDAD

Tanque 46 L
Pasajeros 2 personas
Peso neto (min) (con todas opciones) 1.140-1.175kg
Peso bruto 1.950kg

DIMENSIONES

Largo 4.155 mm
Ancho 1.655 mm
Alto 1.865 mm:185/80R14
Distancia entre ejes 2.625 mm
Ancho de vía { Delantero 1.435 mm
Trasero 1.435 mm
Radio mínimo de giro 4.9 m
Distancia del suelo 190 mm:185R14C
180:185/80R14



*Características técnicas referenciales sujetas a cambios sin previo aviso



100% ELÉCTRICO EL FUTURO ES PARA TODOS

e1 FICHA TÉCNICA

PARÁMETROS BÁSICOS

Longitud (mm)	3465
Ancho (mm)	1618
Altura (mm)	1500
Distancia entre ejes (mm)	2340
Ejes (mm) (Frontal / Trasero)	1420/1410
Min. distancia al suelo (mm) (carga completa)	115
Peso bruto (kg)	1445
Asientos	5
Volumen de carga (L)	140
Llantas	165/GOR14

MOTOR ELÉCTRICO

Max. potencia (kW)	45
Max. torque (N•m)	110

TRANSMISIÓN

Tipo	BYDNT11
------	---------

BATERÍA

Tipo	NCM (Níquel, Cobalto, Manganeso)
Capacidad (kWh)	32.2
Voltaje (V)	306.6
Cantidad de módulos	8
Cantidad de celdas	84

CARGA

Poder de carga	GB AC 6.6kW/DC 30kW
Tiempo de carga de 0% a 100%	5h/1.1h aprox.

CHASIS

Tracción	Delantera
Suspensión Delantera	Suspensión independiente Macpherson
Suspensión Trasera	Suspensión independiente Multi-link

SEGURIDAD

	GL	GS
Airbag asiento conductor	*	*
Airbag del asiento delantero	*	*
Cinturón de seguridad de 3 puntos	*	*
Sonido cinturón de seguridad del conductor y alarma de luz.	*	*
Cerradura de seguridad para niños	*	*
Cierre Central	*	*
Llave Inteligente	*	*
Sistema antirrobo	*	*
Cámara reversa	—	*
Sensores de reversa (2)	—	*
Freno Delantero	Disco	*
Freno Trasero	Tambor	*
EPS (Dirección eléctrica asistida)	*	*
ABS (sistema de frenos antibloqueo)	*	*
EBD(sistema de distribución electrónica de frenado)	*	*

INTERIOR

Panel de instrumentos LCD (8 pulgadas)	*	*
Volante de piel integral	*	*
Interfaz de alimentación de 12V	*	*
Radio	*	—
Pantalla Multimedia con rotación de potencia (10 pulgadas)	—	*
USB interfase	*	*
Bluetooth	*	*
Altavoces (2)	*	*
GPS	—	*
Llave inteligente	*	*

DESEMPEÑO

Autonomía (km) (NEDC)	300
Velocidad máxima (km/h)	≥101
Subida en pendiente	≥25%
Aceleración 0-100 km/h (s)	≤18



CORP MOTORS

Sucursal Lindora
Teléfono: 2547-5952
Dirección: Plaza Vistana, Radial Lindora, frente a Matra.

Sucursal del Este
Teléfono: 2547-5951
Dirección: San Pedro, Diagonal a Muñoz & Nanne.

Sucursal La Uruca
Teléfono: 2547-5950
Dirección: Frente BCR de La Uruca.

ventas@corpmotors.com
www.bydauto.com
BYDAutoCR

Build Your Dreams

Dimensiones	
Largo (mm)	4460
Ancho (mm)	1720
Alto (mm)	1875
Distancia entre ejes (mm)	2725
Peso en vacío (kg)	1700
Peso en bruto (kg)	2420
Rendimiento	
Velocidad máxima	100 Km/h
Pendiente máxima	≥ 20%
NEDC (1)	300 Km
Capacidad de carga	3300L(2 asientos)/1,900L(5 asientos)
Radio de giro	≤5.5m
Angulo de aproximación/salida	≥ 20°/ 20°

BYD T3 CONFIGURACIÓN

Configuración	T3-GL
Tren de Potencia	
Asientos	2
Motor	Motor sincrónico de imanes permanentes
Transmisión	EAT
Batería	Batería de NCM
Cargador	
Cargador AC/DC (AC 7kW , DC 40kW)	
Exterior	
Parrilla delantera cromada (puerto de carga)	●
Patente trasera con franja y luz	●
Separador interior/ caja de carga totalmente cerrada	●
Manija en la puerta exterior del color de la carrocería	●
Guardabarros en los 4 neumáticos	●
Llantas de aleación de aluminio de 16 pulgadas	●
Instrumento para reparación de ruedas	●
Logo trasero iluminado	●
Suspensión de ballesta	●
Interior	
Viseras en el asiento del conductor con espejo	●
Volante con cobertura integrada (configuración de instrumento+interruptor de pausa)	●
Volante con ángulo ajustable manualmente en 2 direcciones	●
Instrumento combinado TFT LED de 4.3 pulgadas	●
Recordatorio de mantenimiento	●
Alarma de bloqueo de puerta y caja de carga	●
Interior de la primera fila con acabados modernos	●
Caja de almacenamiento lateral en la zona de carga	●
Manija en la puerta trasera	●
Habilla en el suelo de la caja de carga	●
6 portavotos	●
Caja de almacenamiento central	●
Tomacorriente de 12V	●
Moldura para techo de auto	●
Afombra de aleación de aluminio antideslizante	●
Control	
Freno de disco delantero	●
Freno de disco trasero	●
EPS (Dirección Asistida Eléctrica)	●
Columna de dirección colapsable	●
ABS (Sistema Antibloqueo de Ruedas)	●
EPB (Freno de Estacionamiento Eléctrico)	●
BOS (Sistema de Asistencia a la Frenada)	●
Seguridad	
Airbag asiento del conductor	●
Airbag asiento del copiloto	●
EPB (Freno de Estacionamiento Eléctrico) interruptor	●
Alarma de cinturón de seguridad en el asiento del conductor	●
Sistema de seguro para niños	●
Sistema de inmovilizador electrónico del auto	●
Sistema de inmovilizador electrónico del motor	●
Llave inteligente	●

BYD T3 ESPECIFICACIONES

Batería	
Tipo de batería	NCM
Capacidad (kWh)	50.3
Voltaje (V)	438
Cantidad de modulo	12
Cantidad de célula	120
Chasis	
Suspensión	McPherson Strut al frente, Ballestas traseras
Frenos	Freno de disco hidráulico, ABS, freno regenerativo
Neumáticos	195/60R 16C
Tren Motriz	
Motor	Motor sincrónico de imanes permanentes AC
Potencia máxima	100 Kw
Torque máximo	180 Nm
Batería	BYD NCM batería
Cargador	DC 40 kW/AC 7 kW
Voltaje del cargador	Trifásico 380 V/400 V DC/ Monofásico AC 220 V
Tiempo de carga (2)	DC 1.3 h/ AC 7.2 h

Nota: (1) Toda la información presentada está basada en los libros de datos disponibles al tiempo de imprimir. Especificaciones reales pueden estar sujetas a cambios al momento de producción.
(2) El tiempo de uso de la batería y de temperatura ambiente pueden afectar el tiempo de carga.

Sensor de retroceso (4 sensores)	●
Entrada al auto sin llave	●
Bloqueo centralizado de puertas	●
Bloqueo automático de puertas por velocidad	●
Alarma de baja velocidad	●
Llave remota (4 puertas y puerta de la caja de carga)	●
Transmisión automática	●
Asientos	
Asientos con tapizado de cuero PU	●
Asientos delanteros ajustables independientemente	●
Multimedia	
Radio (AUX+USB)	●
2 Altavoces	●
Luces	
Faros delanteros con ajuste manual de altura	●
Faros halógenos delanteros	●
Faros automáticos	●
"Follow me home" (apagado retardado de faros)	●
Neblieros delanteros	●
Lámpara LED de lectura	●
Combinación de luces traseras	●
Luces LED de lectura interior delanteras	●
Luces LED de lectura interior traseras	●
Puerto de carga con luz (un solo color)	●
Vidrios & Espejos	
Espejo retrovisor exterior del color de la carrocería (plegado manual)	●
Ventana eléctrica fila delantera (vidrio blanco)	●
Ventana sellada de la puerta corrediza	●
Ventana sellada de la fila trasera	●
Limpiaaparabrisas intermitente	●
Aire Acondicionado	
A/C Automático	●



Rutas

Ruta 1

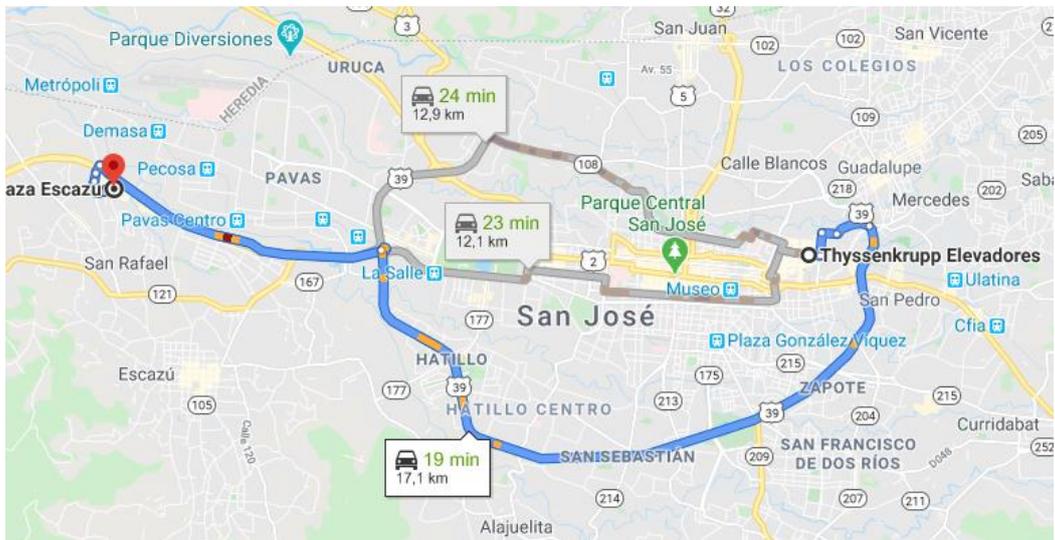


Figura 35. Ruta TKE- Multiplaza Escazú

Ruta 2

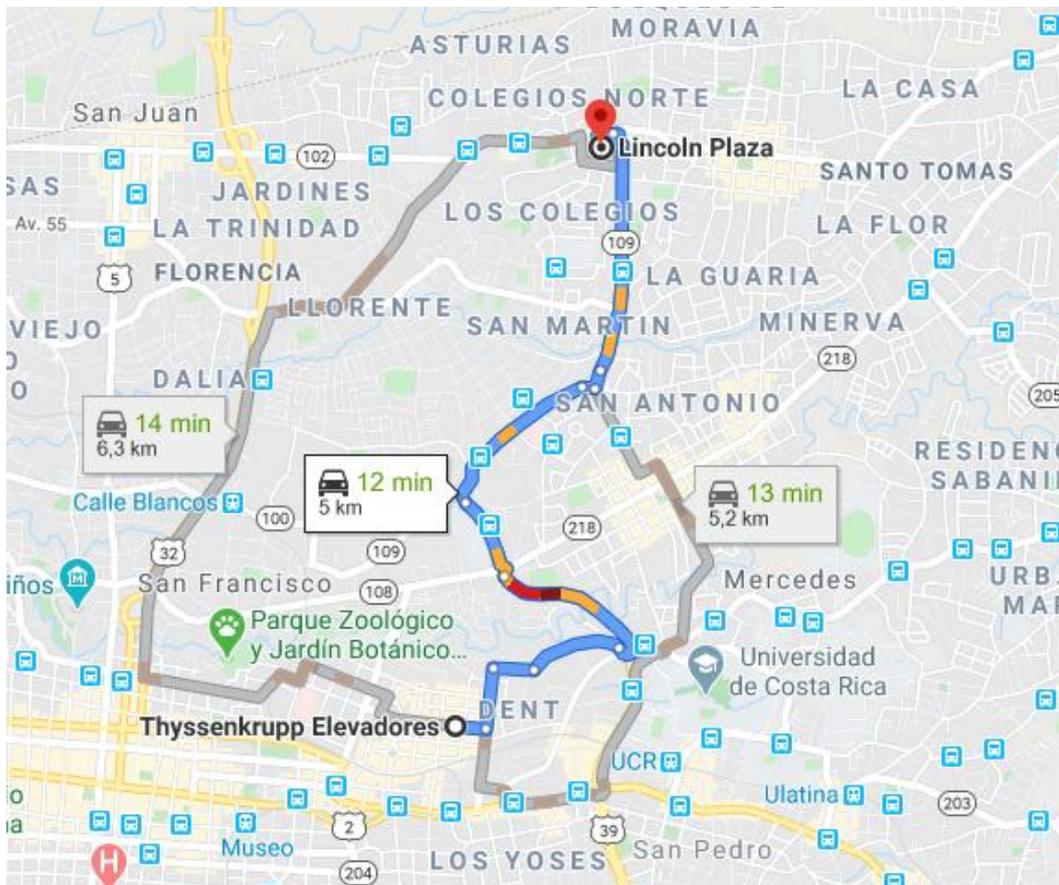


Figura 36. Ruta TKE – Lincoln Plaza

Ruta 3

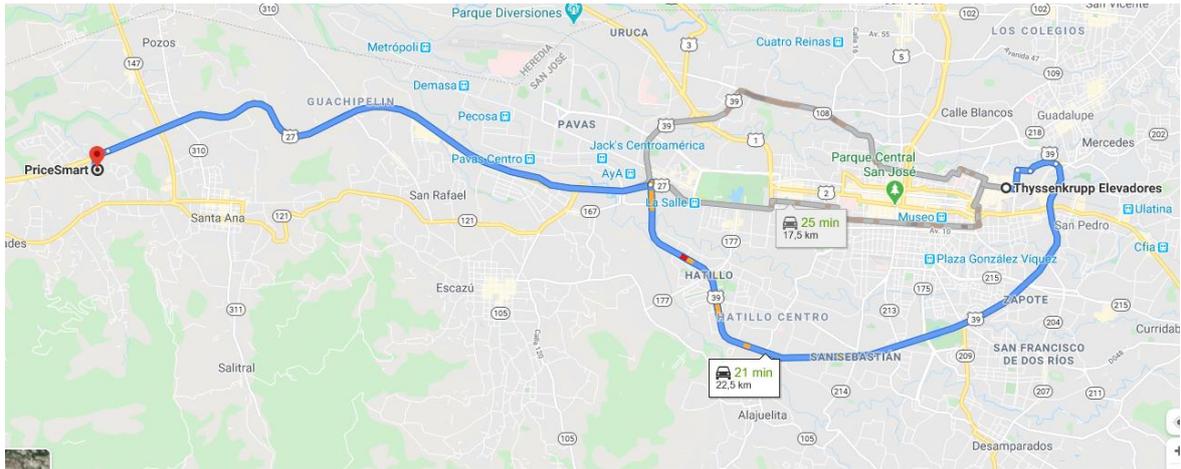


Figura 37. Ruta TKE - Pricemart Santa Ana

Ruta 4

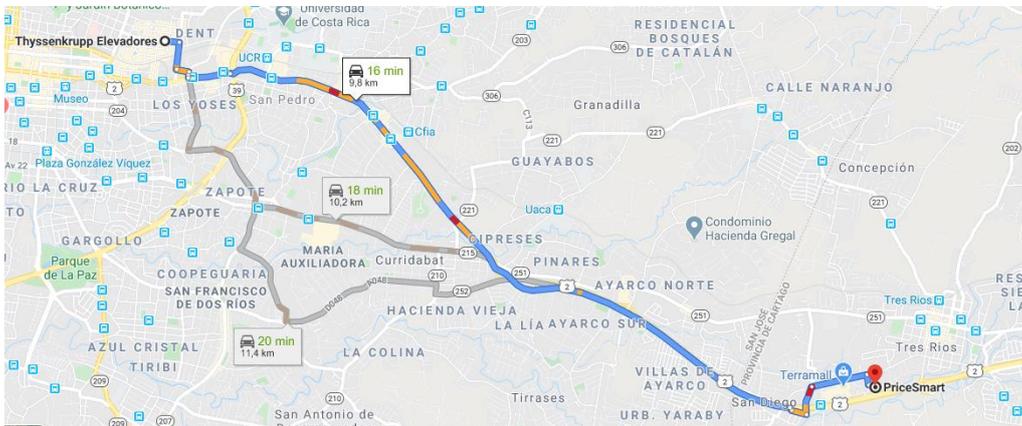


Figura 38. Ruta TKE - Pricemart Tres Ríos

Ruta 5

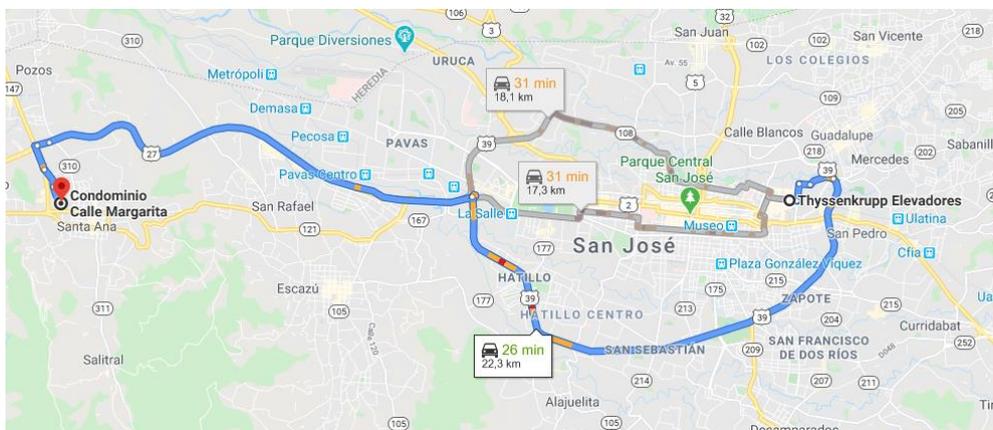


Figura 39. Ruta TKE - Condominio Calle Margarita

Ruta 6

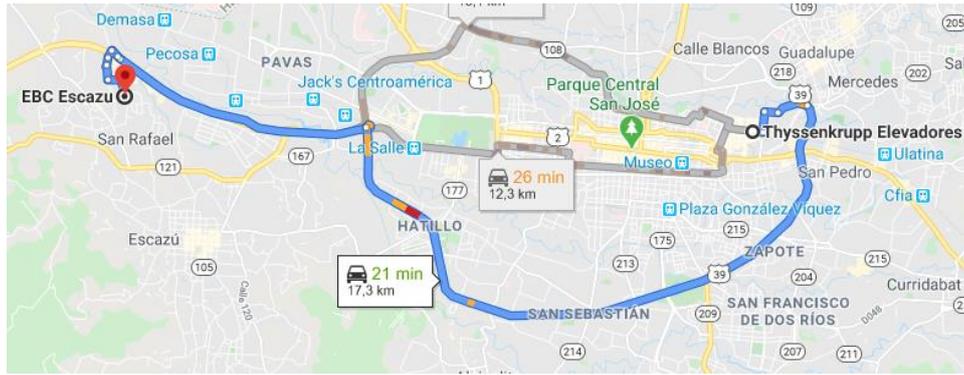


Figura 40. Ruta TKE - EBC

Ruta 7

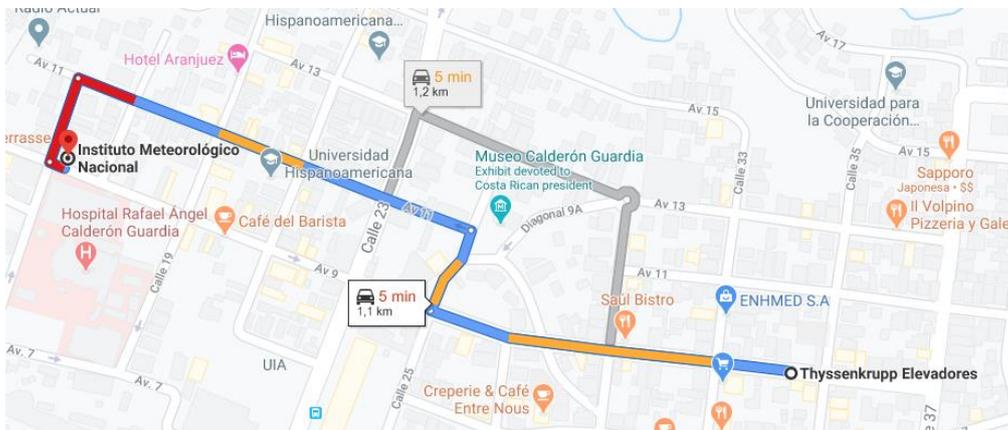


Figura 41. Ruta TKE - IMN

Ruta 8

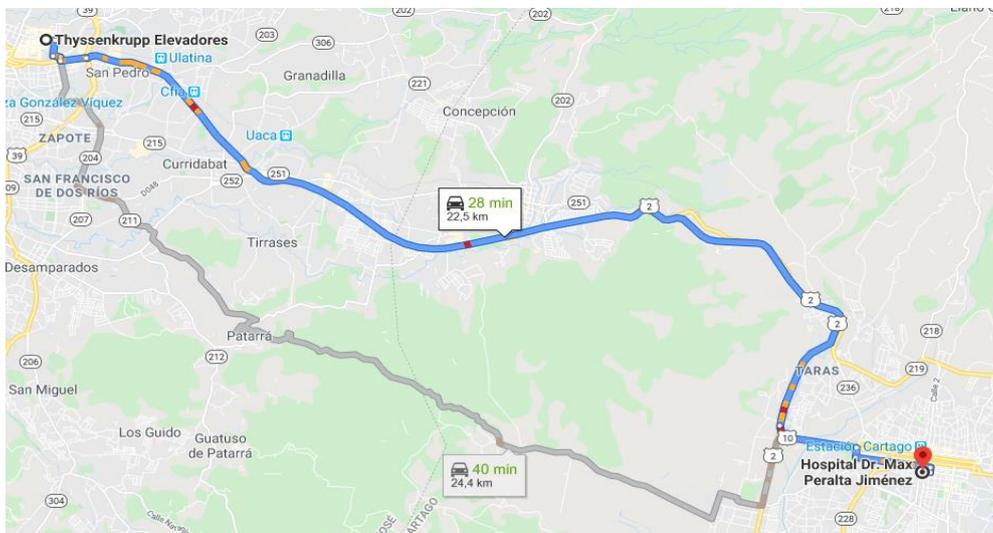


Figura 42. Ruta TKE - Hospital Max Peralta

Ruta 9

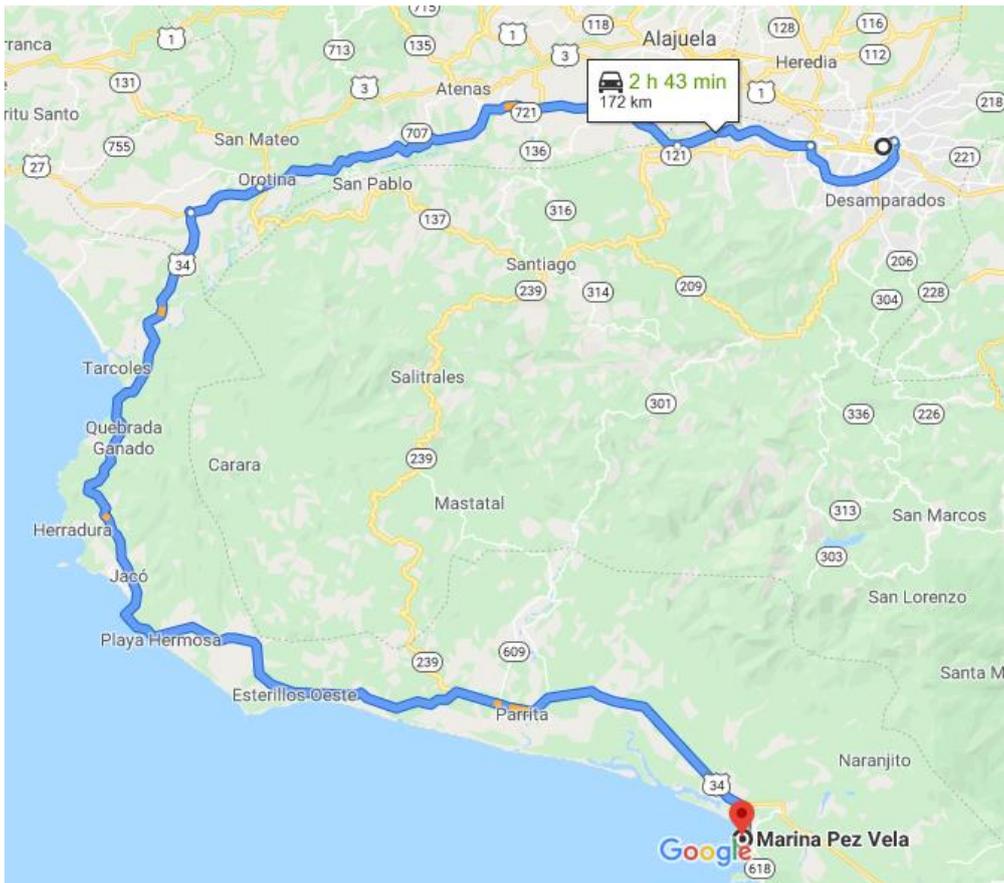


Figura 43. Ruta TKE - Marina Pez Vela

Ruta 10

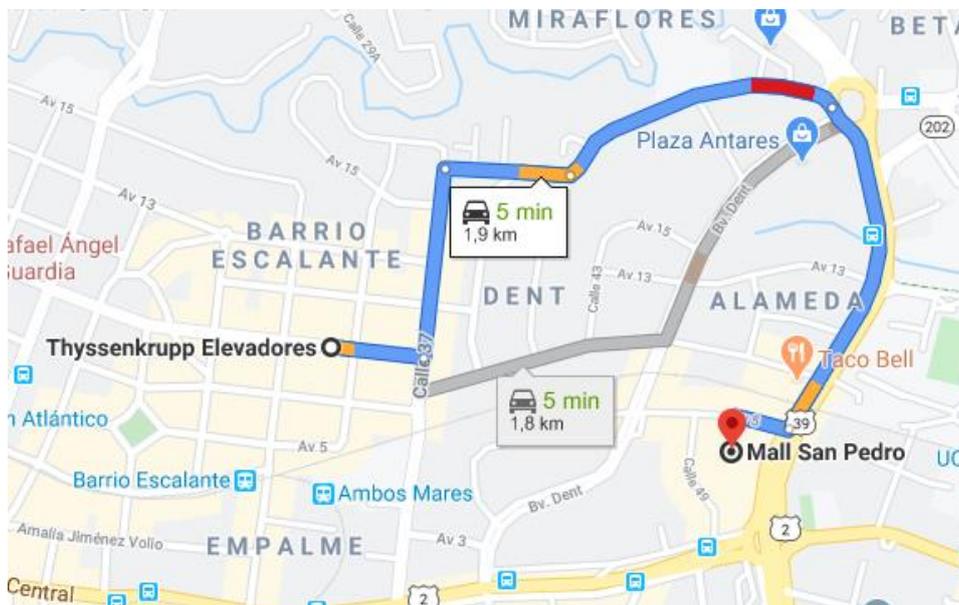


Figura 44. Mall San Pedro

Ruta 11



Figura 45. Ruta TKE - Condominio 101 Escalante

Ruta 12

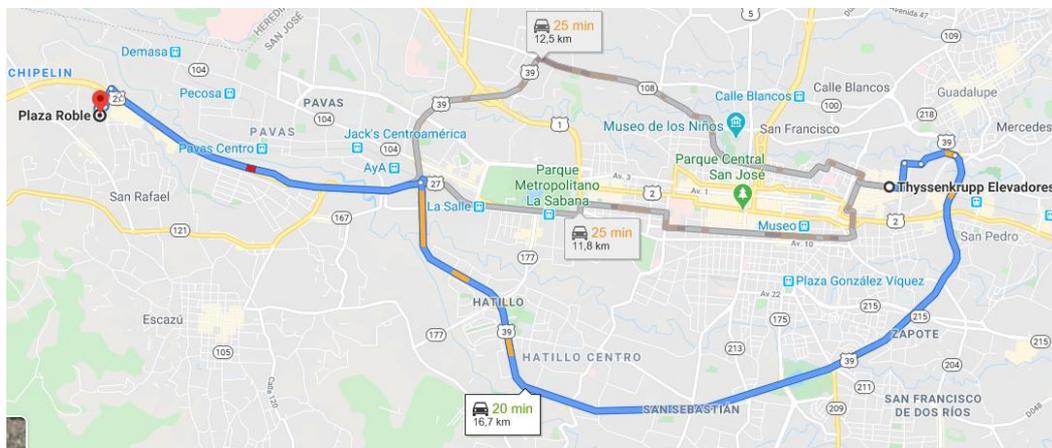


Figura 46. Ruta TKE - Grupo Plaza Roble

Ruta 13

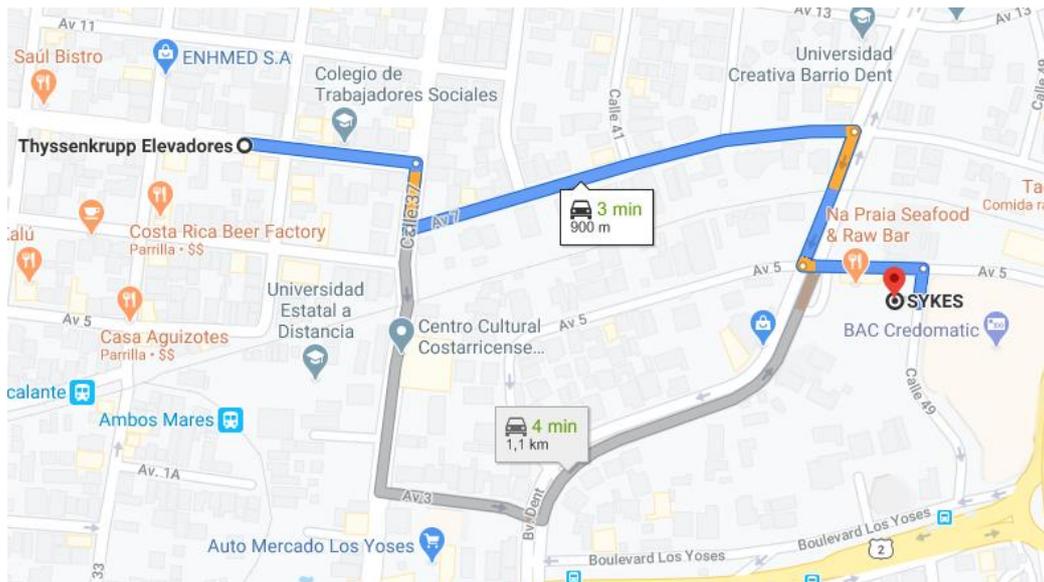


Figura 47. Ruta TKE-Edificio Sigma

Ruta 14

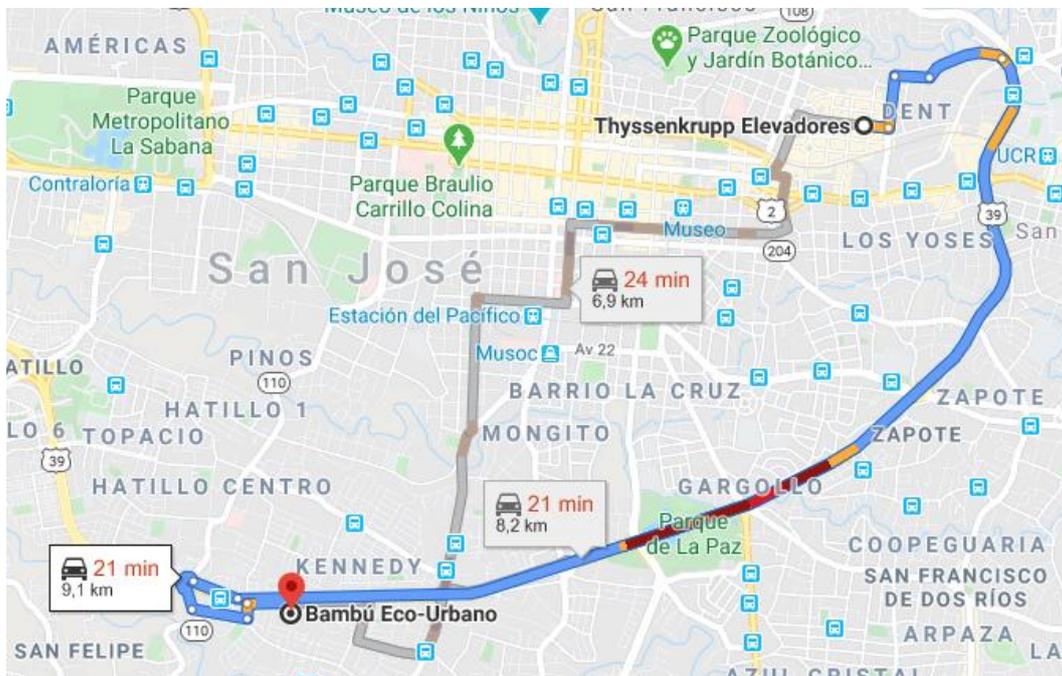


Figura 48. Ruta TKE - Condominio Bambú Eco Urbano

Ruta 15

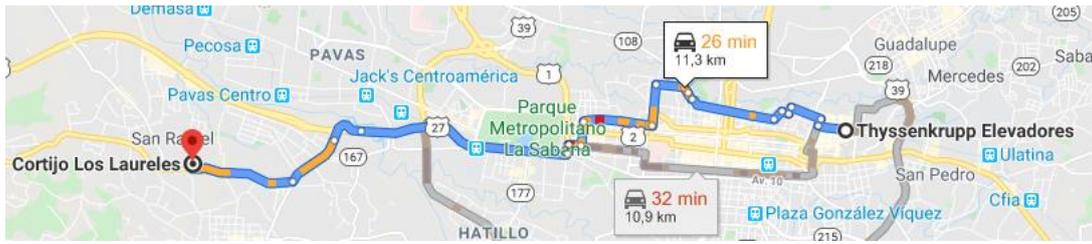


Figura 49. Ruta TKE - Cortijo Los Laureles

Ruta 16

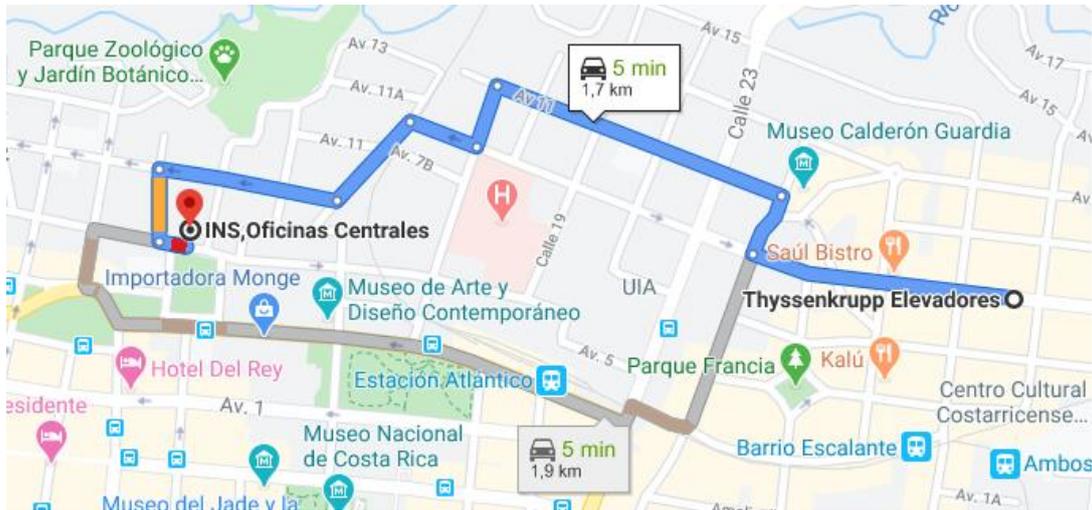


Figura 50. Ruta TKE - INS

Ruta 17



Figura 51. Ruta TKE - Combai Mercado Urbano.

Ruta 18

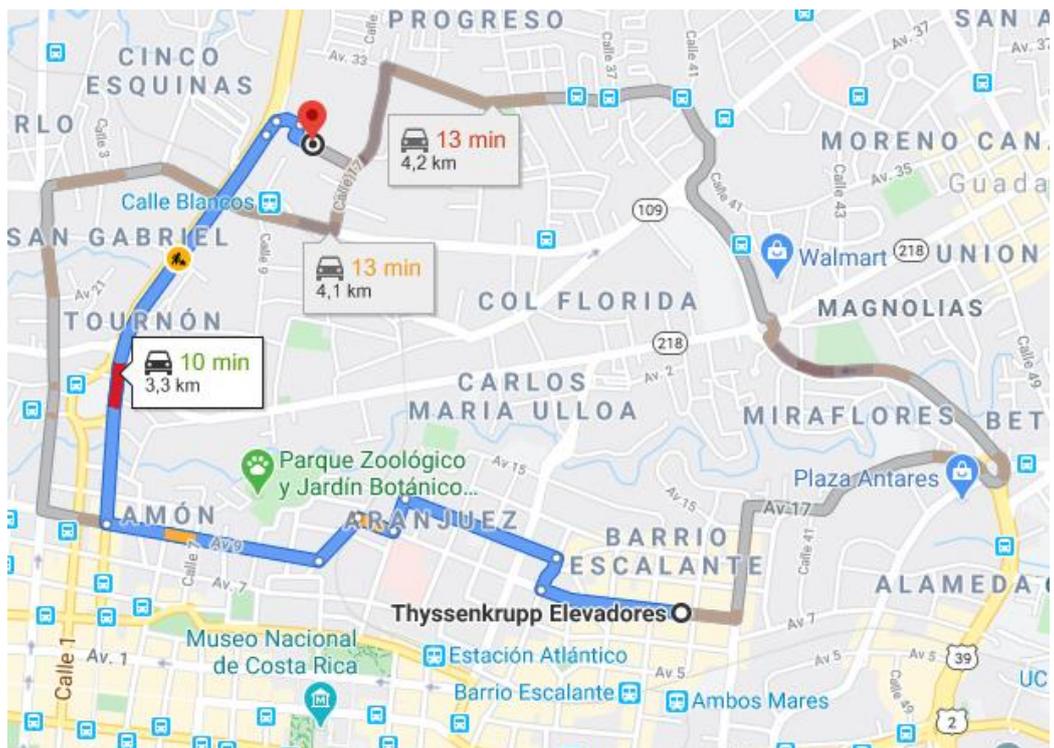


Figura 52. Ruta TKE – Parque empresarial del este

Ruta 19

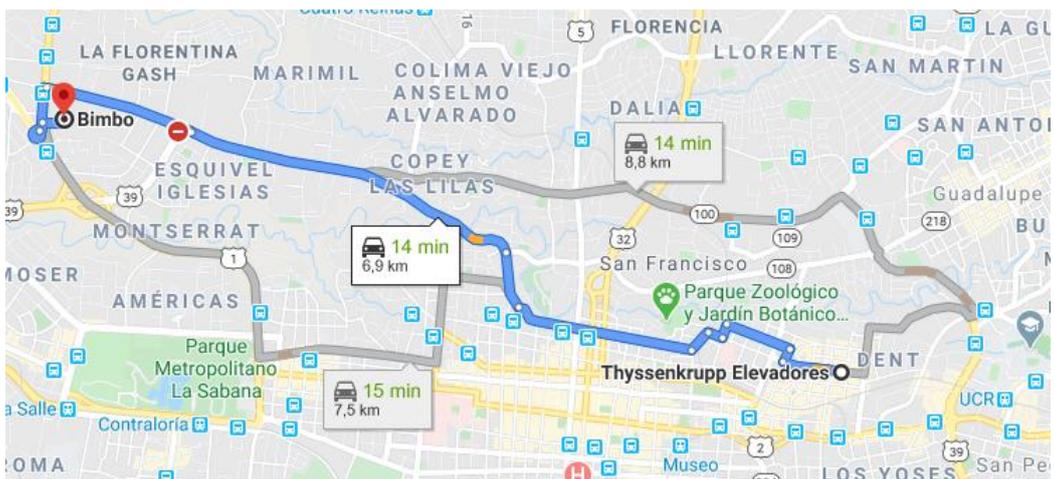


Figura 53. Ruta TKE - Bimbo

Ruta 20

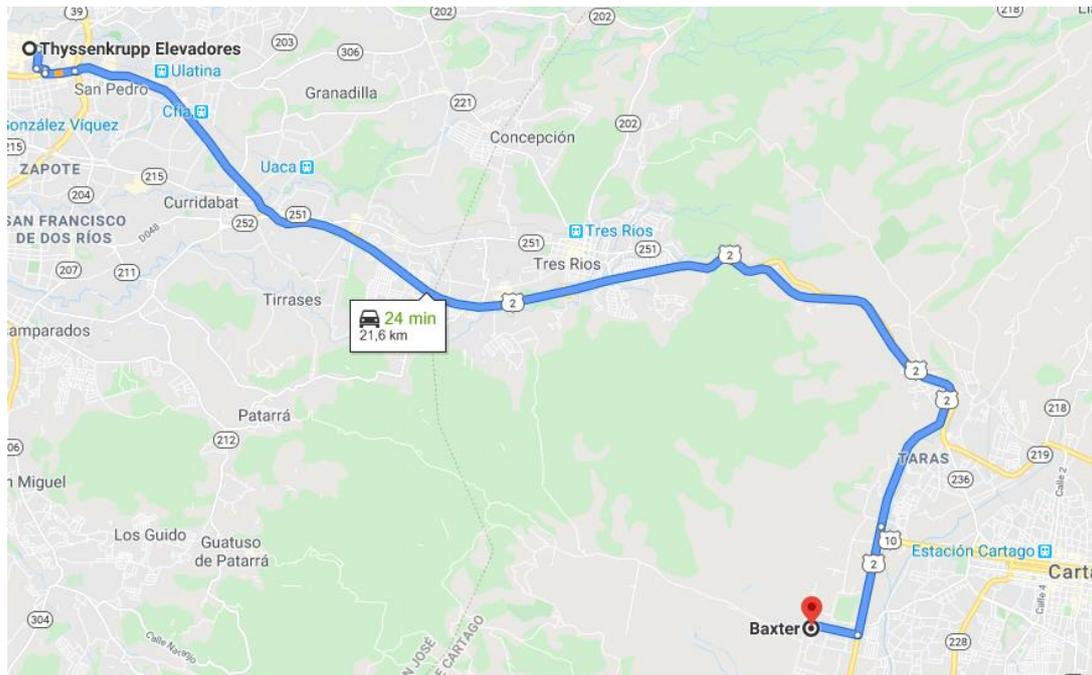


Figura 54. Ruta TKE - Báxter