

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

“Análisis de prefactibilidad para la migración de flotillas actuales de camiones para cargas de 2 toneladas hacia vehículos eléctricos mediante el análisis del costo de ciclo de vida útil para Grupo Agroindustrial Tres Jotas S.A.”

Informe de Trabajo Final de Graduación para optar por el título de Ingeniero en
Mantenimiento Industrial, con el grado de Licenciatura

REALIZADO POR:

Juan Miguel Picado Delgado

Campus Central Cartago, 2023



Datos Personales y de Empresa

Datos Personales

Nombre completo: Juan Miguel Picado Delgado

Número de cédula: 1-1736-0644

Número de carné: 2017055688

Edad: 24 años

Números de teléfono: 6068-4779

Correos electrónicos: juanpicado@estudiantec.cr o juanpicado131@gmail.com

Dirección exacta de domicilio: 300 metros noroeste del minisúper JASS, Santa Martha de Cajón de Pérez Zeledón.

Datos de Empresa

Nombre: Grupo Agroindustrial Tres Jotas S.A.

Actividad Principal: Producción, procesamiento y comercialización cárnica y avícola.

Dirección: 1 km al sur de DEKRA, Pérez Zeledón.

Contacto: Ing. Lic. Kenneth Navarro Ruíz, Gerente Producción.

Teléfono: 2772-0002/6196-6635

Profesor guía

Ing. Sebastián Mata Ortega

Profesores lectores

Ing. Luis Felipe Córdoba Ramírez

Ing. Christopher Vega Sánchez



Esta obra cuyo autor es Juan Miguel Picado Delgado está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

Carta de Aceptación de la Empresa

20 de octubre, 2022

Señor
Ing. Ignacio del Valle Granados, Coordinador
Práctica Profesional
Escuela de Ingeniería Electromecánica

Estimado Señor:

Respetuosamente le saludo y a la vez le comunico la aceptación de parte de **Grupo Agroindustrial Tres Jotas S.A.** para que el estudiante **Juan Miguel Picado Delgado**, número de cédula 1-1736-0644 y carné 2017055688, realice su proyecto de graduación para optar por el grado de **Licenciatura en Ingeniería en Mantenimiento Industrial** y que lleva como nombre **Análisis de prefactibilidad en la migración de flotillas vehiculares de carga liviana con capacidad menor a 2 toneladas propulsados por motores de combustión interna hacia eléctricos mediante la comparación del análisis del costo de ciclo de vida útil para Grupo Agroindustrial Tres Jotas S.A.**

La propuesta del proyecto del estudiante Juan Miguel Picado Delgado busca analizar las flotillas vehiculares actuales, brindar un análisis de los avances tecnológicos que se han estado desarrollando alrededor del mundo en cuanto a la movilidad eléctrica y generar un criterio de comparación y selección de las futuras flotillas con el fin de encaminarse en la descarbonización del transporte y así reducir los efectos del cambio climático. Este proyecto se orienta en conocer la viabilidad de la migración de las flotillas vehiculares de carga actuales hacia una movilidad totalmente eléctrica mediante la realización de mediciones y analizando cada uno de los datos obtenidos para conocer qué ventajas y desventajas trae consigo este cambio. Todo lo anterior basado en un análisis del costo del ciclo de vida útil para tener conocimiento de los impactos sociales, financieros, tecnológicos y ambientales.

Es por eso que Grupo Agroindustrial Tres Jotas S.A. y mi persona Kenneth Navarro Ruiz, otorga la aprobación para que el estudiante Juan Miguel Picado Delgado realice su proyecto de graduación en la empresa.

Este puede realizarse sin necesidad de confidencialidad; se solicita y agradece una vez finalizado, remitir una copia del documento final a esta dirección.

Cordialmente,

KENNETH Firmado
digitalmente por
NAVARRO KENNETH
RUIZ NAVARRO RUIZ
(FIRMA) (FIRMA)
Fecha: 2022.10.21
14:04:40 -06'00'

Para contactar llamar a los teléfonos: 2772-0002/6196-6635.

Dedicatoria

A mis padres, Juan Picado y Guiselle Delgado, por su incondicional amor, apoyo y gran sacrificio en cada paso de mi vida y en especial para permitirme cumplir este sueño. Sin ellos esto no habría sido posible.

A mi hermana y demás familiares por siempre haberme motivado y hacerse presentes, gracias, por tanto.

A mi pareja, por toda su paciencia, comprensión, motivación y apoyo constante en los momentos más difíciles, gracias.

A la institución, Tecnológico de Costa Rica, por brindarme las bases y conocimiento para este trabajo y para la vida profesional.

Agradecimientos

A todos mis familiares y amigos cercanos por siempre darme su apoyo y motivarme a seguir.

A mis amigos que formé durante todos mis años de universidad, ya que fueron parte importante de mi vida y de este logro, gracias por apoyarme y ayudarme en los momentos difíciles.

Al Tecnológico de Costa Rica por abrirme las puertas y brindarme la oportunidad de estudiar esta carrera, por ser parte importante de mi vida y haberme formado como profesional y como ser humano.

A mi profesor guía, Sebastián Mata, por todo el apoyo y ayuda durante este proceso, por asignarme tiempo donde no tenía, por corregir y guiar durante la realización de este documento, y por todo el conocimiento compartido a lo largo de este trabajo y en semestres anteriores.

A Grupo Agroindustrial Tres Jotas S.A., al señor Keneth Navarro y al señor Luis Mora por permitirme desarrollar este trabajo en su empresa y brindarme tiempo e información.

Resumen

En este documento se muestra el desarrollo de un estudio de prefactibilidad técnico y financiero para la sustitución de la flotilla actual de camiones de combustión interna de carga liviana de 2 toneladas de Grupo Agroindustrial Tres Jotas S.A. hacia vehículos totalmente eléctricos con las mismas capacidades técnicas. Todo lo anterior con el objetivo de cumplir con los planes propuestos por el gobierno de Costa Rica para la descarbonización del país, así como reducir los costos asociados al uso y mantenimiento de las flotillas vehiculares. Para conseguir esto fue necesario realizar una evaluación técnica de las características de la flotilla actual presente en la empresa y evaluar las opciones ofrecidas en el mercado nacional e internacional para su sustitución; esto tanto para vehículos propulsados con motores de combustión interna de diésel como por motores totalmente eléctricos. Se muestra el impacto ambiental que tienen los camiones actuales cuantificado en toneladas de dióxido de carbono, tanto debido al consumo de combustibles como al uso de lubricantes de motor. Además, se establece una propuesta para la creación de la infraestructura necesaria para suplir la carga requerida en caso de una eventual sustitución de la flotilla hacia movilidad totalmente eléctrica, mostrando cálculos, presupuestos y diagrama unifilar de la instalación eléctrica. Por último, se muestra una estructura de costos detallada a lo largo del ciclo de vida de los vehículos; incluyendo adquisición, operación, mantenimiento y disposición final, para cada tipo de movilidad (combustión y eléctrica). Esta estructura de costos brinda la rentabilidad de cada vehículo y permite mediante una comparativa la determinación de cuál es la mejor opción en términos financieros para una eventual sustitución de la flotilla.

Palabras clave: Combustión interna, movilidad eléctrica, descarbonización, mantenimiento, ciclo de vida, rentabilidad.

Abstract

This document shows the development of a technical and financial pre-feasibility study for the replacement of the current fleet of 2-ton light-duty internal combustion trucks of Grupo Agroindustrial Tres Jotas S.A. towards all-electric vehicles with the same technical capabilities. The aim is to comply with the aim of complying with the plans proposed by the Costa Rican government for the decarbonization of the country. To achieve this, it was necessary to carry out a technical evaluation of the characteristics of the current fleet present in the company and to evaluate the options offered in the national and international market for its replacement; for both, diesel, and electric internal combustion. The environmental impact of current trucks is shown, quantified in tons of emitted carbon dioxide, both due to fuel consumption and the use of motor lubricants. In addition, a proposal is presented for building the necessary charging infrastructure required in the event of a replacement of the fleet towards fully electric mobility, showing calculations, budgets, and a single-line electric diagram. Finally, a detailed cost analysis is shown based on the life cycle of the vehicles, including acquisition, operation, maintenance, and final disposal, for each type of mobility (combustion and electric). This cost analysis provides the profitability of each vehicle and allows, by comparison, the determination of the best option in financial terms for an eventual replacement of the fleet.

Keywords: Internal combustion, electric mobility, decarbonization, maintenance, life cycle, profitability.

Nomenclatura

AC = Corriente Alterna

ARESEP = Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos

B2U = Battery Second Use

CIEMI = Colegio de Ingenieros Electricistas, Mecánicos e Industriales

DC = Corriente Directa

GEI = Gases de Efecto Invernadero

ICE = Instituto Costarricense de Electricidad

IMN = Instituto Meteorológico Nacional

kg = kilogramos

km = kilómetros

kWh = kilowatts-hora

l = litros

MINAE = Ministerio de Ambiente y Energía

NEDC = New European Driving Cycle

RECOPE = Refinadora Costarricense de Petróleo

TIR = Tasa Interna de Retorno

VAN = Valor Neto Actual

VCI = Vehículos de Combustión Interna

VE = Vehículos Eléctricos

\$ = dólares

₡ = colones

Tabla de contenido

Capítulo I. Estructura del Proyecto.....	1
1.1. Introducción	1
1.2. Antecedentes	5
1.3. Reseña de la empresa	9
1.4. Planteamiento del problema.....	10
1.4.1. Problema.....	10
1.4.2. Relevancias del Proyecto.....	11
1.4.3. Valor Agregado	15
1.4.4. Variables que evidencian el problema.....	16
1.4.5. Mediciones	16
1.4.6. Correlaciones	16
1.4.7. Población	16
1.5. Objetivos.....	17
1.6. Justificación	18
1.7. Viabilidad.....	19
1.8. Alcance	20
1.9. Limitaciones.....	20
Capítulo II. Marco Teórico.....	22
2.1. Flotillas Vehiculares: Combustión interna vs Eléctrica.....	22
2.2. Sistemas que componen los VCI y los VE	23
2.3. Emisiones de gases de efecto invernadero.....	25
2.4. Carga: Métodos y tipos de cargadores	27
2.5. Análisis del costo de ciclo de vida útil	28
2.6. Cuestiones legales y de normativa.....	29
2.7. Indicadores financieros	30
Capítulo III. Características y Prestaciones Técnicas.....	34
3.1. Flotilla Vehicular Actual en Grupo Agroindustrial Tres Jotas S.A.	34
3.2. Alternativas en Vehículos Eléctricos de Carga Liviana para la Sustitución de la Flotilla Actual.....	36
3.3. Alternativas en Vehículos de Combustión Interna de Carga Liviana para la Sustitución de la Flotilla Actual	43
3.4. Puntos de Recarga Públicos en Costa Rica.....	44
Capítulo IV. Impacto Ambiental	47
4.1. Emisiones de GEI durante todo el ciclo de vida de los vehículos	47

4.2. Emisiones de CO ₂ de la flotilla actual de camiones de carga liviana en Grupo Agroindustrial Tres Jotas S.A. en la etapa de uso	53
Capítulo V. Infraestructura Eléctrica Requerida	60
6.1. Sistema de Refrigeración de la Carrocería	60
6.2. Infraestructura de Recarga Vehicular	62
6.3. Capacidad de Baterías de Suministro de Energía	64
Capítulo VI. Análisis de Costo del Ciclo de Vida Útil.....	70
6.1. Estructura de costos para los camiones actuales de combustión interna	71
6.2. Estructura de costos para la adquisición de camiones de combustión interna.....	73
6.3. Estructura de costos para la adquisición de camiones eléctricos.....	76
6.4. Resultado del Análisis del Costo de Ciclo de Vida Útil de los vehículos analizados	81
6.5. Análisis de sensibilidad con eventual daño al paquete de baterías	84
Capítulo VII. Conclusiones y Recomendaciones	88
7.1. Conclusiones	88
7.2. Recomendaciones	89
Referencias Bibliográficas.....	91
Apéndices	96
Apéndice A. Metodología.....	96
Apéndice B. Cronograma Proyectado.	97
Apéndice C. Registro de kilometraje de la flotilla actual por placa.	98
Apéndice D. Cálculos Propuesta de Infraestructura Eléctrica.....	99
Apéndice E. Costos asociados a la infraestructura eléctrica requerida y propuesta.	111
Apéndice F. Gastos de combustible para los camiones VCI actuales desde enero de 2021 hasta enero de 2023.	114
Apéndice G. Estructura de costos para el Análisis de Costo de Ciclo de Vida de los camiones seleccionados.....	117
Anexos.....	123
Anexo 1. Estudio registral del vehículo placa CL-294371 (ejemplo).	123
Anexo 2. Ficha técnica del camión JMC N801 2023.	124
Anexo 3. Ficha técnica del camión Geely Farizon E200S 2023.	126
Anexo 4. Ficha técnica del camión Dongfeng EV-18.	127
Anexo 5. Ficha técnica del camión Dongfeng eCargo 2,3T.....	128
Anexo 6. Ficha técnica del camión Mitsubishi Canter Fuso 2023.	129
Anexo 7. Artículos del NEC utilizados.	130

Anexo 8. Dispositivos eléctricos por utilizar. 136

Anexo 9. Componentes del sistema de refrigeración de la flotilla actual. 140

Índice de Tablas

Tabla 1. Desviación entre el debiera y la realidad.....	11
Tabla 2. Características técnicas de la flotilla de camiones de carga liviana con motor de combustión interna.	35
Tabla 3. Prestaciones requeridas en los vehículos para sustituir la flotilla actual.....	36
Tabla 4. Oferta de vehículos eléctricos de carga liviana "CL" en Costa Rica para el año 2023 [38].	37
Tabla 5. Camiones eléctricos con capacidades similares a las requeridas en países latinoamericanos.....	38
Tabla 6. Impuestos de importación y nacionalización del camión EV-18.	40
Tabla 7. Características de carga de los camiones VE a analizar.	41
Tabla 8. Dimensiones del chasis de los vehículos a analizar.	41
Tabla 9. Prestaciones de los camiones Mitsubishi Canter Fuso 2023.	43
Tabla 10. Emisiones de CO ₂ por consumo de combustible generadas por la flotilla vehicular de carga liviana actual.	54
Tabla 11. Emisiones de CO ₂ por el uso de lubricantes anualmente.	55
Tabla 12. Emisiones de CO ₂ acumuladas de los VCI desde enero de 2021 hasta enero de 2023.	55
Tabla 13. Emisiones de CO ₂ anuales acumuladas para cada tipo de vehículo.....	58
Tabla 14. Especificaciones técnicas del cargador incluido con los camiones.....	62
Tabla 15. Costos totales de la infraestructura eléctrica propuesta.....	64
Tabla 16. Kilometraje diario promedio recorrido por la flotilla actual.	65
Tabla 17. Autonomía real considerando el ciclo NEDC de los VE.	66
Tabla 18. Consumo de energía diario del motor de inducción del sistema de refrigeración.	67
Tabla 19. Consumos energéticos de los camiones VE analizados.	67
Tabla 20. Consumo de energía diario del motor del VE.	67
Tabla 21. Consumo de energía diario para que el camión circule y refrigere la carga.	68
Tabla 22. Gasto de operación por uso de combustible anual de los VCI actuales.	71
Tabla 23. Gastos de mantenimiento en cada uno de los camiones Canter actuales.	72
Tabla 24. Costos totales de la flotilla actual.	73
Tabla 25. Costo de adquisición de un nuevo VCI.	73
Tabla 26. Costos de operación de los vehículos de combustión nuevos.	75
Tabla 27. Costos de mantenimiento de los VCI nuevos.	75
Tabla 28. Precio de venta o descarte del camión Canter 2023.	76
Tabla 29. Costos de adquisición de los camiones eléctricos.	76
Tabla 30. Estimación de costo de marchamo para los camiones VE.	78
Tabla 31. Costos energéticos para un VE de los modelos analizados.	79
Tabla 32. Costos de mantenimiento de los VE nuevos.	80
Tabla 33. Precio de venta de los camiones VE nuevos analizados.	80
Tabla 34. Costo de ciclo de vida de cada vehículo.....	81
Tabla 35. Costo de ciclo de vida de toda la flotilla de 10 camiones.	82

Tabla 36. Costo aproximado de sustitución de las baterías en los camiones E200S y N801.	85
Tabla 37. Costo de ciclo de vida ajustado con fallo de baterías.	86
Tabla 38. Costo de ciclo de vida de la flotilla completa de 10 camiones con ajuste por daño de baterías.	87
Tabla 39. Metodología por seguir en la realización del proyecto.	96
Tabla 40. Registro del kilometraje semanal de la flotilla actual.	98
Tabla 41. Corrientes de diseño para infraestructura eléctrica.	99
Tabla 42. Corrientes de selección de disyuntores.	100
Tabla 43. Selección de calibres y ductos comerciales para los conductores.	101
Tabla 44. Porcentaje de caída de tensión de los conductores seleccionados.	105
Tabla 45. Corrientes y voltajes del transformador seleccionado.	107
Tabla 46. Selección de conductores y ductos para lado primario del transformador.	107
Tabla 47. Selección del disyuntor principal para el secundario del transformador.	108
Tabla 48. Corrientes corregidas para la selección de calibres del secundario del transformador.	109
Tabla 49. Selección de conductores y ductos para lado secundario del transformador.	109
Tabla 50. Materiales necesarios para la instalación eléctrica.	112
Tabla 51. Honorarios del ingeniero a cargo de la obra eléctrica.	113
Tabla 52. Gastos de combustible diésel para el vehículo placa “CL-294371“	114
Tabla 53. Gastos de combustible diésel para el vehículo placa “CL-299106“	115
Tabla 54. Gastos de combustible diésel para el vehículo placa “CL-299176“	116
Tabla 55. Estructura de costos para Canter FE71 2023.	117
Tabla 56. Estructura de costos para E200S 2023.	118
Tabla 57. Estructura de costos para N801 2023.	119
Tabla 58. Estructura de costos para Canter 2017.	120
Tabla 59. Estructura de costos sensibilizada con cambio de batería para E200S 2023.	121
Tabla 60. Estructura de costos sensibilizada con cambio de batería para N801 2023.	122

Índice de Figuras

Figura 1. Cantidad y porcentaje de representación de las inspecciones periódicas realizadas en Riteve en el año 2020 [4].	3
Figura 2. Estructura del consumo de derivador de petróleo y el transporte [2].	4
Figura 3. Esquema de los sistemas que componen un VCI de diésel.	24
Figura 4. Esquema de los sistemas que componen un VE.	25
Figura 5. Emisión y absorción por sector en Costa Rica [33].	26
Figura 6. Emisiones de GEI del sector Energía para Costa Rica por categoría de fuente [33].	26
Figura 7. Mapa de estaciones de carga públicas en Costa Rica en PlugShare.	45
Figura 8. Lista de tipos de cargadores disponibles en las estaciones de carga en PlugShare.	45
Figura 9. Ubicación de estaciones tipo GB/T y NEMA 14-50R en Costa Rica.	46
Figura 10. Demanda energética y emisiones de CO ₂ en la producción de vehículos VE como VCI [42].	49
Figura 11. Comparativa de emisiones de CO ₂ entre los vehículos actuales.	56

Figura 12. Emisiones de CO ₂ acumuladas a través de los años en los vehículos analizados.	59
Figura 13. Diagrama del sistema de refrigeración de las carrocerías actuales en la empresa.	61
Figura 14. Diagrama unifilar de la infraestructura eléctrica propuesta para 10 vehículos. ...	63
Figura 15. Diagrama de Gantt.	97
Figura 16. Esquema de la ubicación de los cargadores (aproximada).....	103
Figura 17. Esquema de la ubicación de cargadores con dimensiones (medio parqueo). ...	104
Figura 18. Inversor DC/AC para alimentación de motor de inducción.....	136
Figura 19. Tomacorriente Tipo NEMA 14-50R de Grupo IESA Costa Rica.....	137
Figura 20. Cotización del transformador INATRA de Corporación SUMMATEL Costa Rica.	137
Figura 21. Disyuntor de 45 A / 2 P de Schneider Electric.	138
Figura 22. Disyuntor de 600 A / 2 P de Siemens.	138
Figura 23. Tablero o centro de carga Eaton de Grupo IESA Costa Rica.	139
Figura 24. Tipo de conector de 220V presente tanto en el camión (derecha) como en la instalación eléctrica del predio (izquierda).....	140
Figura 25. Placa de identificación del motor de inducción del sistema auxiliar accionador del sistema de refrigeración.....	140

Capítulo I. Estructura del Proyecto

1.1. Introducción

Como bien es conocido a nivel mundial, la población actual del planeta, así como las venideras generaciones, se enfrentan a un grave problema: el calentamiento global, el cual trae consigo una gran cantidad de efectos negativos. Esto es algo innegable y aunque puede deberse a actividades naturales como la descomposición de materia orgánica, emisión de volcanes y océanos, ha sido agravado por actividades humanas como el uso de combustibles fósiles y la deforestación [1]. El calentamiento global afecta no solo cuestiones de salud de las especies sino también económicas, alimenticias y socioculturales que obliga a estar en una constante investigación y análisis para conocer este tema lo mejor posible y buscar los medios y maneras para intentar contrarrestarlo o en el peor de los casos solo estancarlo [1].

En el Acuerdo de París se menciona que este calentamiento es en sí un aumento de la temperatura del planeta. El fin de este acuerdo es incentivar a tomar las medidas necesarias para que el aumento de temperatura no sobrepase los 2 grados Celsius, pero preferiblemente limitar este aumento a 1,5 grados Celsius como valor máximo para así frenar las catástrofes que se han visto provocadas en los últimos años.

Costa Rica forma parte de este acuerdo y por ende debe buscar maneras de contribuir con el mismo [2]. Una clara manera de contribuir es proponer e implementar una migración del uso de los combustibles fósiles; los cuales generan emisiones de dióxido de carbono (CO₂), hacia el uso de sistemas de propulsión eléctrica o con energías renovables en cualquier uso industrial-comercial, así como cotidiano. En el caso de Costa Rica, el gobierno del

bicentenario propuso un plan de descarbonización el cual indica que, para el 2050, se debe tener una economía de cero emisiones de dióxido de carbono [3].

Es de conocimiento general que existen diversas máquinas y equipos que requieren el uso de los combustibles fósiles para cumplir sus funciones, entre ellas están desde una sierra para talar árboles, las calderas utilizando diésel, combustóleo o gas lp, y por supuesto todos los medios de transporte vehiculares como automóviles, barcos, camiones de carga y motocicletas. Al analizar la flota vehicular nacional registrada en Riteve para el año 2020, puede observarse que el grupo que se encuentra en segundo lugar con mayor cantidad de unidades en circulación son los vehículos destinados a la carga liviana con capacidad máxima de 3,5 toneladas. Este grupo cuenta con unos 171 000 vehículos aproximadamente y esto representa un 13% del total de vehículos en circulación, solamente sobrepasado por los automóviles que representan un 64% [4]. Estos datos se muestran gráficamente en la Figura 1. Este porcentaje de vehículos de carga liviana representan una elevada emisión de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero y muestran la importancia de la migración de estos hacia una movilidad eléctrica.

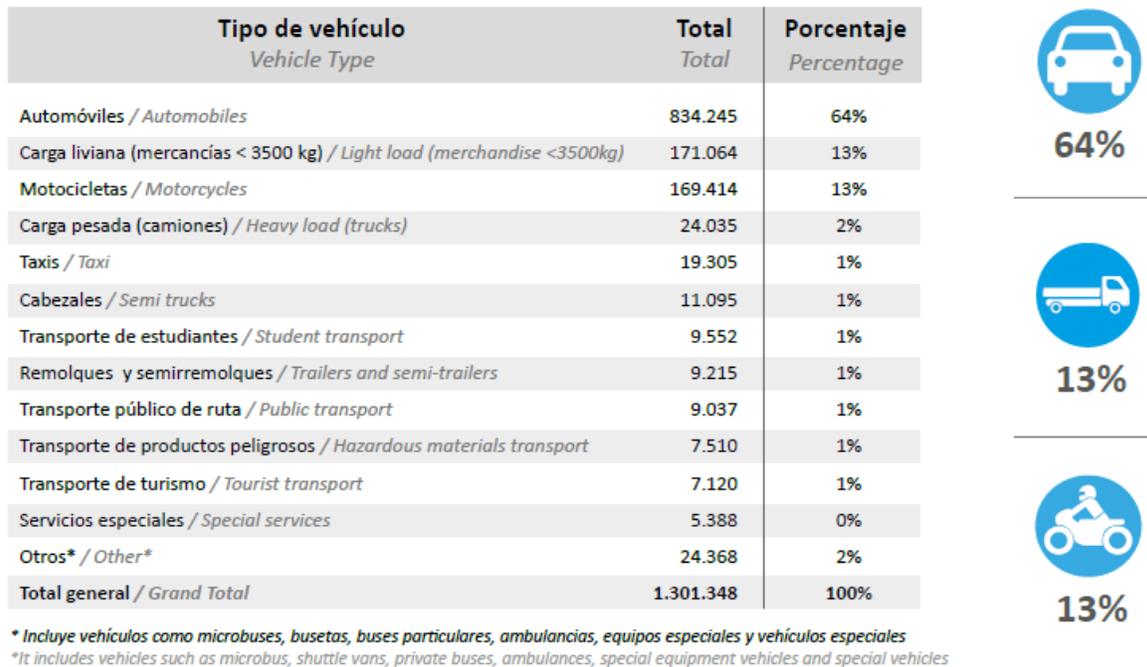


Figura 1. Cantidad y porcentaje de representación de las inspecciones periódicas realizadas en Riteve en el año 2020 [4].

Además, este tipo de vehículo representa una gran cantidad del consumo de energía. El sector transporte es el que más consume derivados del petróleo alrededor del mundo y en Costa Rica, por ende, es el más contaminante. Dentro de este sector se encuentran áreas como el transporte público, privado, entre otros, pero el sector carga representa un 36,5% del consumo total lo cual es un valor considerablemente alto. En la siguiente figura se muestra un gráfico que representa lo descrito anteriormente.

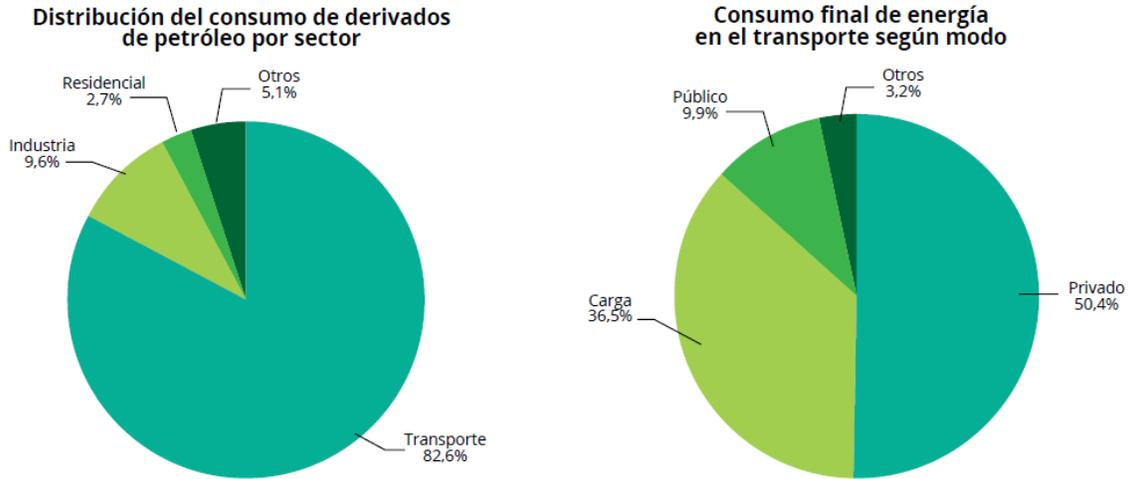


Figura 2. Estructura del consumo de derivador de petróleo y el transporte [2].

En el presente documento se muestra una revisión literaria y análisis que permiten sentar bases teóricas relacionadas con aspectos de cambio climático, así como movilidad eléctrica y energías renovables. El alcance de esta revisión es a vehículos de carga liviana como ya se mencionó anteriormente. Lo anterior con la finalidad de posteriormente poder recopilar datos empíricos de campo, como por ejemplo consumos, emisiones, entre otros en vehículos con propulsión de combustión interna; principalmente motores diésel. El objetivo es contrastar estos valores para poder conocer la viabilidad de dar un salto a la movilidad completamente eléctrica en las flotillas de carga liviana con capacidad de carga menor o igual a 2 toneladas y medir el impacto social, ambiental y económico a nivel nacional y en congruencia con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) [5].

Como cualquier investigación se tienen una serie de limitaciones, entre ellas pueden mencionarse la poca información relevante con respecto al tema, así como la poca documentación que existe de datos de campo, el poco orden y registro que se lleva en aspectos como consumos de combustible, costos de mantenimiento, entre muchos otros.

1.2. Antecedentes

Este documento se basa en un análisis de literatura relacionada con cuestiones ambientales, vehículos propulsados tanto por motores de combustión interna como eléctrica y distintos tratados o planes que han desarrollado las naciones con el fin de mitigar el daño ambiental.

Un vehículo eléctrico o propulsado por electricidad necesita baterías; ya sea de níquel-cadmio, litio, entre otros, con el fin de que estas sean recargadas y así poder suministrar en ruta energía eléctrica al motor o motores eléctricos colocados en el vehículo con el fin de movilizarlo [6]. Marcas muy reconocidas alrededor del mundo han venido realizando investigaciones y posteriormente la implementación de este tipo de motorización en sus vehículos, pueden mencionarse marcas que surgieron en años cercanos; como lo es Tesla y Rivian, así como marcas con gran renombre y trayectoria como Nissan, Chevrolet y Toyota [7].

También fabricantes chinos se han especializado en estos vehículos, por ejemplo, la marca BYD. Esta marca es líder en China en cuanto a automóviles se refiere ya que se han dedicado a diseñar, desarrollar y producir sus propias baterías, motores, controles electrónicos, entre otros. Gracias a estos avances que han obtenido marcas tanto chinas como extranjeras han creado alianzas con BYD para continuar con avances y desarrollos en este ámbito, entre las que se pueden mencionar Chrysler, por ejemplo [8].

En un vehículo propulsado con un motor de combustión interna, lo que se tiene es pistones que mediante compresión o chispa proporcionada por bujías queman diésel o gasolina respectivamente, esto anterior con el fin de transformar la energía proveniente del combustible utilizado en energía mecánica y movimiento [9]. Estos motores son los más

utilizados en la industria automovilística mundial, aunque tengan eficiencias bajas. La eficiencia de un motor de gasolina ronda un 25% y para un motor diésel entre 30 y 35% [10].

El cambio climático es un proceso de contribuciones debido a múltiples factores tanto naturales como provocados por el ser humano. Genera variaciones en los climas de todas las zonas del planeta, no necesariamente aumentos extremos de temperatura sino también lluvias extremas [11].

Las actividades humanas contribuyen con el cambio climático. El uso de vehículos es una actividad meramente humana totalmente relacionada con el cambio climático y la emisión de contaminantes. Estos contaminantes producidos se conocen como gases de efecto invernadero y están compuestos principalmente por dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxidos de nitrógeno (NO_x) y vapor de agua [12]. El que se produce en mayor cantidad es el CO_2 , principalmente debido a la quema de combustibles fósiles; por ejemplo, la combustión de diésel produce una emisión de CO_2 de aproximadamente 155 g/km recorrido [13] o de 2,613 kg CO_2 /l [14]. En Europa el 26% de las emisiones totales son causadas por los vehículos o medios de transporte, en el caso de Turquía el 20% del CO_2 emitido fue debido al transporte [15]. Para el caso de Costa Rica las emisiones de CO_2 debido al transporte terrestre corresponden a aproximadamente un 23% de las emisiones totales [16].

Debido al grave impacto que han provocado estas emisiones, se han realizado distintas conferencias entre naciones en las cuales se ha hablado sobre el cambio climático y se han propuesto medidas para comprometerse a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, así como para limitar o mantener el aumento en la temperatura global por debajo de 2 grados Celsius o incluso no superar 1,5 grados Celsius. Estas conferencias han arrojado acuerdos como lo es el protocolo de Kioto y el Acuerdo de París [2], [16].

La Asamblea General de Naciones Unidas y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), han creado los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en el año 2015 los cuales buscan lograr un futuro que sea mejor y sostenible para todos tratando temas de carencias para la población mundial y pretende los 17 puntos u objetivos para el año 2030 [5], [17]. Dentro de estos, algunos se relacionan con cuestiones ambientales y de contaminación por lo cual tienen relación directa con los temas tratados o por tratar en el presente documento, como lo son por ejemplo el objetivo número 7 que habla de la energía asequible y no contaminante, el 9 sobre industria, innovación e infraestructura y el 13 de acción por el clima.

Costa Rica; al ser miembro fundador de las Naciones Unidas, así como de CEPAL, debe promover y proponer medidas para el cumplimiento de los acuerdos tomados, así como buscar el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible. Internamente se han propuesto medidas y se han redactado documentos para mostrar a la población las deficiencias o carencias, así como los aspectos en los que se está bien o en ventaja con respecto a otros países como lo es el Estado de la Nación el cual se emite anualmente [16]. Además, se han creado diversos planes con el fin de reducir y en su momento llegar a tener cero emisiones de CO₂ en el país, entre los que se mencionan el Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050, Plan Nacional de Transporte Eléctrico 2018-2030 y el Plan Nacional de Energía 2015-2030 [2], [3], [18].

Debido a estos acuerdos y planes, el mercado de los vehículos eléctricos o VE ha ido en constante aumento; esto no solamente en Costa Rica sino alrededor del mundo. En el año 2019 se tenían en circulación en carretera aproximadamente 7,2 millones de VE mientras que para el inicio del 2022 se tenían aproximadamente 16,5 millones; o sea más del doble. En el

año 2021 el 10% de las ventas mundiales del mercado automovilístico fueron vehículos eléctricos [19].

Muchas empresas alrededor del mundo han ido progresivamente agregando vehículos eléctricos a sus flotillas, esto con el fin no solo de contribuir a la reducción de emisiones nocivas hacia el ambiente, sino que también por cuestiones económicas ya que estos vehículos poseen por lo general al final de su vida útil un costo menor al de cualquier vehículo equivalente con propulsión de combustión interna [20]. Entre estas empresas pueden mencionarse PepsiCo y Walmart Canadá en el sector alimenticio, así como FedEx y DHL en empresas de logística y entregas de paquetería [21]. En el ámbito nacional, empresas como Walmart, Movistar, Demasa, Coca Cola FEMSA se han sumado a este cambio de flota [20], lo cual incentiva a demás empresas presentes en el país a realizarlo y muestra un buen panorama para el mercado de los vehículos eléctricos en el país y el acercamiento paso a paso hacia el cumplimiento de los planes mencionados anteriormente.

En los últimos años, en el país se han desarrollado proyectos de investigación relacionados directamente con la viabilidad de la migración de flotillas de vehículos de combustión interna a vehículos eléctricos. Se obtuvieron resultados satisfactorios al realizar el análisis del costo del ciclo de vida útil de los vehículos; en el cual se ha considerado la compra, operación, mantenimiento y descarte de los vehículos. Proyectos como el realizado por el Tecnológico de Costa Rica en vehículos de carga tipo panel, el realizado por Cristhian Vega sobre un velero eléctrico y el de Michael Jiménez sobre vehículos eléctricos. En la investigación realizada por el Tecnológico de Costa Rica, puede mencionarse por ejemplo que para la empresa CoopeTarrazú R.L. el costo de operación de un vehículo eléctrico es 4,5 veces menor que con el vehículo que se posee actualmente y reducciones de hasta 13,42

toneladas de CO₂ en 2442 km recorridos con el vehículo eléctrico de pruebas (mencionando que el modelo utilizado es un T3 de la marca BYD). En el mismo estudio, para la empresa Multifrío S.A. se obtuvo que el costo de operación es 3 veces menor y se redujeron 1,52 toneladas de CO₂ en 485 km recorridos; cabe mencionar que se utilizó exactamente el mismo vehículo BYD T3 [21].

Además, El estudio realizado por Michael Jiménez indica que se cumple la reducción a un 0% de emisiones de CO₂, ya que si no se hace uso de vehículos de combustión se elimina la fuente de emisión por completo, también indica que los costos de mantenimiento se ven reducidos entre un 20% y un 50%, lo cual resulta en un gran ahorro económico en términos generales [22]. Un punto adicional en el que ambos estudios mencionados anteriormente coinciden es que entre mayor sea el uso dado al vehículo en km recorridos y en años de uso mayor será la reducción de costos de operación de estos [21], [22].

1.3. Reseña de la empresa

Grupo Agroindustrial Tres Jotas es una empresa dedicada a la producción, procesamiento y comercialización de productos cárnicos y avícolas ubicado en la zona de Pérez Zeledón.

a) Misión

Grupo Agroindustrial Tres Jotas es una empresa dedicada a producir y comercializar productos de la más alta calidad para los diferentes gustos y necesidades del mercado. Es una empresa consciente de la importancia y respeto que se debe a los clientes, colaboradores, proveedores, medio ambiente y a la sociedad que consume sus productos.

b) Visión

Grupo Agroindustrial Tres Jotas S.A. desea ser reconocido en el sector cárnico y avícola costarricense como una empresa certificada en gestión de calidad e inocuidad, apoyada en un equipo de trabajo competente, con una clara orientación de servicio al cliente, con los propósitos de dar precios razonables a la vez que logra un crecimiento constante y rentable.

1.4. Planteamiento del problema

1.4.1. Problema

En la Tabla 1 se muestra la desviación que existe entre el debiera o escenario óptimo de la presente situación y la realidad o el cómo se presenta la situación actualmente.

Tabla 1. Desviación entre el debiera y la realidad.

		Dato suministrado	Referencias bibliográficas
Debiera	Para el año 2050 se busca tener en Costa Rica una economía descarbonizada o de 0% de emisiones de CO ₂ .	0% de emisiones de CO ₂ para el año 2050	[3]

Desviación	Flotillas vehiculares 100% contaminantes por el uso de combustibles fósiles, sin uso de energías renovables limpias.
------------	--

		Dato suministrado	Referencias bibliográficas
Realidad	Actualmente, las flotillas vehiculares para cargas menores a 2 toneladas están constituidas en su totalidad por motores de combustión interna lo cual genera un 100% de emisiones de CO ₂ , ya que por cada km recorrido un vehículo diésel emite 155 gramos de CO ₂ o 2,613 kilogramos de CO ₂ por litro.	100% emisiones de CO ₂ , 155 g/km CO ₂ , 2,613 kg CO ₂ /l.	[3],[4],[13],[14]

1.4.2. Relevancias del Proyecto

a) Relevancia Científica

El crecimiento en la tecnología automotriz eléctrica ha venido en aumento en los últimos años, iniciando con los vehículos híbridos en marcas como Toyota, Nissan, entre otras, hasta llegar a empresas que producen vehículos 100 % eléctricos como Tesla, BYD, entre otros. Hablando más a profundidad, la marca de vehículos BYD se ha dedicado a la

investigación exhaustiva llegando a ser líderes en su país China en la materia, teniendo baterías y motores de excelente calidad, así como sistemas de control. Esto anterior se evidencia en que empresas tanto nacionales, chinas como extranjeras han realizado convenios con la marca para el diseño y fabricación de sus propios modelos de vehículos 100% eléctricos como lo es Chrysler por ejemplo [7], [8].

b) Relevancia Social

Los gases de efecto invernadero y en consecuencia el cambio climático afecta tanto directa como indirectamente la salud de los seres humanos y sus posibilidades laborales. Al este ser un problema en continuo desarrollo, mundial e irreversible; solamente se puede mantener en los valores actuales de temperatura global, se afectan distintas áreas. Un claro ejemplo de esto es la afectación que tiene la agricultura, lo cual impacta tanto el área laboral como de producción alimentaria [23]. Al tener una disminución de precipitaciones y aumento de temperaturas en algunas zonas del planeta se tiene una reducción en los rendimientos y calidad de los cultivos, así como oportunidades de trabajo para los agricultores. Caso similar a las zonas donde por el contrario se tienen lluvias extremas y se llegan a “pudrir” los cultivos, lo cual debido a la escasez de estos lleva a la población a problemas de mal nutrición o por el contrario a obesidad por consumo de alimentos chatarra. También, se tienen consecuencias como el aumento de enfermedades transmitidas por vectores y mortalidad por olas de calor. Todo lo anterior contribuye directamente con el aumento del porcentaje de pobreza [23], lo cual se relaciona con el objetivo de desarrollo sostenible número 1 [5].

Se ha presentado un aumento significativo en los casos de enfermedades alérgicas, esto inclusive con el constante desarrollo en el área de los medicamentos para su tratamiento y control [24]. Una de las causantes de esto es el aire respirado por las personas, el cual

contiene una gran cantidad de agentes nocivos como lo son las emisiones de dióxido de carbono, por ejemplo, y entre lo causado se encuentra el asma y la rinitis. La calidad del aire va en constante baja, esto evidentemente provocado por la contaminación y el cambio climático [24].

c) Relevancia Ambiental

Como ya se conoce, el uso de combustibles fósiles provoca emisiones de gases de efecto invernadero. Al migrar de una flotilla vehicular propulsada por motores de combustión interna hacia una con vehículos eléctricos se reducirá la emisión al medio ambiente estos gases, entre los que se mencionan que los más importantes son dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxidos de nitrógeno (NO_x) y vapor de agua, siendo el CO₂ el más emitido y el CH₄ el que provoca una mayor contaminación [12].

También, el uso de aceites para motor, así como los filtros necesarios provoca un grave impacto en el ambiente. En el caso de los aceites para motor al ser vertidos en el suelo o aguas producen partículas delgadas que interfieren en la correcta oxigenación de ríos, lagos y mares, esto debido a que los aceites presentan en su composición una serie de aditivos y a estos cumplir su vida útil forman metales en forma de sales orgánicas que podrían llegar a causar afectaciones en la salud como irritación de piel y ojos [25].

d) Relevancia Legal

En cuestiones legales y de normativas, se tienen tanto de manera interna nacional, así como en conjunto con otras naciones. Como se mencionó anteriormente, en el ámbito internacional se tienen el Protocolo de Kioto, el cual fue realizado en diciembre de 1997 en

la ciudad de Kioto Japón y empezó a ejecutarse en el año 2005, su fin es estabilizar la concentración de los gases de efecto invernadero hasta que se encuentren en un nivel en el que no contribuyan con el cambio climático [26].

A nivel nacional estos protocolos se han acatado y se han decretado leyes en la Asamblea Legislativa para cumplirlos, en el caso del Protocolo de Kioto se aprobó la ley No. 8219 el día 3 de julio de 2002 [27]. Para el Acuerdo de París su ley de aprobación es la No. 9405 decretada el 6 de octubre de 2016 [28], esta al igual que el Acuerdo vino a sustituir tanto al protocolo de Kioto como su ley de acatamiento nacional dejando al anterior obsoleto y como parte de la historia de acción ambiental tanto nacional como internacional. En materia de movilidad o transporte eléctricos también se han creado leyes, una muy importante es la de incentivo y promoción para este tipo de transportes la cual corresponde a la No. 9518 y promueve la adquisición de este tipo de vehículos exonerándolos en aspectos como su valor, refacciones, restricción vehicular nula entre otros [29]. Además, para velar por el cumplimiento del Acuerdo de París, Protocolo de Kioto y los ODS Costa Rica creó el Plan Nacional de Transporte Eléctrico 2018-2030 así como el Plan Nacional de Energías 2015-2030 y el Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050 [2], [3], [18].

e) Relevancia Financiera

Para poder estimar el impacto económico que tiene la migración de la flotilla vehicular de propulsión por combustión interna a eléctrica se debe realizar un análisis del costo del ciclo de vida útil para poder contemplar desde su costo de adquisición, operación, mantenimiento y descarte. En estudios previos realizados, como lo son el del Tecnológico de Costa Rica y el de Michael Jiménez (ya fueron mencionados en este documento), se han

obtenido resultados alentadores sobre la reducción de los costos asociados a los vehículos eléctricos sobre los de combustión interna [21] [22].

Además, una manera de poder comparar el costo que representa el uso de un tipo de vehículos con respecto al otro es mediante indicadores energéticos, los cuales ayudan a tener un punto sobre el que analizar y tomar decisiones, así como un punto de referencia en cuanto a mejoras [5]. La unidad de medida de este indicador depende de distintas variables como lo pueden ser la cantidad de kilómetros recorridos, litros de combustible consumidos, unidades producidas o vendidas, entre otros.

f) Relevancia Contemporánea

Con respecto a la situación global actual y los temas abordados en este documento, la migración hacia flotillas vehiculares eléctricas es sumamente necesario para contrarrestar los efectos del cambio climático tanto ambientales como sociales y económicos. Esto con el fin de acatar las medidas propuestas en los acuerdos, protocolos y planes mencionados anteriormente, así como los ODS que competan al tema mostrado.

1.4.3. Valor Agregado

En este documento se muestra la situación actual de las emisiones de gases de efecto invernadero, proponiendo ante esto la migración de las flotillas vehiculares hacia una movilidad eléctrica limpia para así eliminar por completo las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, mostrando una comparativa entre el uso de combustibles fósiles y electricidad en aspectos ambientales como ya se mencionó, pero también en cuestiones sociales y económicas para tener una clara herramienta de selección al momento de inclinarse por la compra de un tipo de vehículo u otro.

1.4.4. Variables que evidencian el problema

Se tiene un desconocimiento prácticamente en todo el sector transportes en Costa Rica en métodos de comparación entre vehículos de combustión interna contra eléctricos, por lo cual no se tienen buenas herramientas para la selección al momento de compra de éstos. Es por lo anterior que se siguen teniendo los mismos e incluso mayores niveles de emisiones de gases de efecto invernadero provenientes del uso de combustibles fósiles, lubricantes y repuestos específicos como filtros tanto de combustible como de aceite.

1.4.5. Mediciones

Con las bases mostradas en este documento y con la ayuda de los métodos de recolección y procesamiento de datos se busca realizar una comparación cuantificable del costo del ciclo de vida útil de ambos tipos de propulsión automotriz; con datos como costos de mantenimiento, consumo de energía (combustible o electricidad), compra, entre otros. Para así medir los impactos tanto positivos como negativos que presentaría la migración de las flotillas vehiculares en los ámbitos social, económico y ambiental.

1.4.6. Correlaciones

La realización de un análisis de este tipo correlaciona el uso de los combustibles fósiles con las emisiones de gases de efecto invernadero, estos con el calentamiento global que ha producido tantas repercusiones en la salud y economía de la población, todo esto anterior se vería mitigado al migrar a una flotilla vehicular eléctrica.

1.4.7. Población

La población a la cual va dirigida este documento es al sector transportes en Costa Rica, específicamente a los vehículos de carga liviana con capacidades menores a las 2

toneladas, esto dado al gran porcentaje que representan en la cantidad de vehículos en el país, así como a la gran cantidad de emisiones que estos producen.

1.5. Objetivos

a) Objetivo General

Desarrollar un análisis de viabilidad técnico-financiera que genere criterios de toma de decisiones en la sustitución de la flotilla de carga liviana con capacidad menor a 2 toneladas con propulsión a combustión interna por una de vehículos eléctricos mediante un estudio de prefactibilidad basado en análisis del costo del ciclo de vida útil en acuerdo con el Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050 y el Plan Nacional de Transporte Eléctrico 2018-2030.

b) Objetivos Específicos

Objetivo #1: Establecer las características y prestaciones técnicas de la flotilla vehicular de carga liviana actual de combustión interna creando un criterio de selección en su equivalente de propulsión eléctrica que cumpla con todos los requerimientos de la empresa.

Indicador de logro: Informe técnico con características de operación tales como consumos, capacidades de carga, potencia, torque, entre otros, de la actual flotilla vehicular de combustión interna, así como posibles alternativas en propulsión eléctrica que satisfagan las necesidades de la empresa.

Objetivo #2: Determinar el impacto ambiental que conlleva la migración de flotillas vehiculares hacia una propulsión totalmente eléctrica.

Indicador de logro: Informe de los beneficios ambientales que trae consigo la migración hacia una propulsión eléctrica en los vehículos de carga liviana con capacidad de 2 toneladas como por ejemplo reducción en toneladas de la cantidad de emisiones de CO₂.

Objetivo #3: Establecer el tipo de infraestructura de carga eléctrica requerida por los vehículos eléctricos en una eventual migración del tipo de propulsión actual hacia una totalmente eléctrica.

Indicador de logro: Diseños eléctricos de estaciones de carga requeridos para un futuro plan de migración en la propulsión de los vehículos.

Objetivo #4: Realizar un análisis de costo de ciclo de vida útil, tanto de la flotilla vehicular propulsada por combustión interna como por electricidad, para la comparación de los costos en cada una de las etapas del ciclo de vida.

Indicador de logro: Informe financiero generado por la comparativa del análisis del costo de ciclo de vida útil para ambos tipos de propulsión conteniendo indicadores financieros.

1.6. Justificación

En Costa Rica existe un vacío de conocimiento con respecto a la movilidad eléctrica; precisamente en vehículos de carga liviana con capacidad menor a las 2 toneladas, lo cual con la realización de esta investigación se busca llenar. El conocimiento y criterio de la población nacional con respecto a este tipo de propulsión de medios de transporte por lo general se ve empañado por cuestiones como precio de compra o inversión inicial, duda o desconocimiento del mantenimiento a realizar y preocupación sobre su factibilidad, entre otros. Esta investigación busca eliminar los prejuicios relacionados a la movilidad eléctrica e incentivar un cambio hacia un transporte 100 % limpio y con energías renovables. Se

brindará un análisis de la flotilla actual para generar un análisis de costo de ciclo de vida útil tanto para los vehículos de combustión interna como eléctricos, así como cada uno de los requerimientos en una eventual migración y su impacto en el ambiente. Esto traerá consigo menor dependencia a las importaciones y precios internacionales de combustibles fósiles, así como una transición energética gradual lo cual es de gran interés tecnológico, científico y académico [30]. Además de una reducción en los costos asociados con el uso y mantenimiento de las flotillas vehiculares.

1.7. Viabilidad

Para desarrollar esta investigación, se debe tener disponibilidad en distintas áreas; todas de igual importancia. En el área tecnológica se deben tener conocimientos de toma y procesamiento de datos, esto con el fin de poder analizarlos y generar un claro panorama de la situación vehicular actual y venidera.

En cuestión de recursos financieros, se debe contar con facilidad de toma de datos para volver eficiente el estudio y no demorar tanto el muestreo para realizar el análisis de manera fluida y rápida. Esto debido a que el tiempo de muestreo, análisis y traslados tienen un elevado costo económico y mientras más se tarde realizando estas actividades este costo se va a incrementar.

Se debe contar con una amplia disponibilidad de recursos humanos, esto debido a la variedad de temas que se abordarán en esta investigación. Se requiere de profesionales especializados en distintas áreas entre las que se pueden mencionar movilidad eléctrica, cuestiones ambientales, financieras y sociales, manejo de datos, entre muchos otros; todo esto con el fin de brindar un análisis lo más detallado y completo posible.

En cuanto a materiales, lo más requerido son de tipo tecnológico, por ejemplo, software de almacenamiento y procesamiento de datos, editores de texto, aunque también instrumentos básicos de medición.

1.8. Alcance

El alcance que se pretende con la realización de esta investigación es de tipo exploratorio, esto debido, aunque en Costa Rica ya se cuenten con estudios previos relacionados a la movilidad eléctrica y a la sustitución de flotillas vehiculares por vehículos eléctricos no se tiene conocimiento de este tipo de estudio en vehículos de carga liviana con capacidad menor a 2 toneladas. En este estudio como ya se mencionó, se realizarán análisis de costo de ciclo de vida útil para ambos tipos de propulsión con el fin de generar un criterio de toma de decisiones al momento de renovar flotillas vehiculares. También, se mostrarán los beneficios no solo financieros que esto trae consigo sino también ambientales y sociales. Además, mediante investigación de la situación en otros países del mundo con respecto al tema, así como los avances que estos hayan tenido, se pretende fortalecer el estudio a realizar, teniendo puntos de comparación y una guía para conseguir esta migración de flotillas a futuro en Costa Rica.

1.9. Limitaciones

La principal limitación que se presenta ante la realización de este proyecto es que en Costa Rica no se han desarrollado con anterioridad investigaciones en cuanto a movilidad eléctrica en el área de los vehículos de carga liviana, menos aún en vehículos con capacidad de carga inferior a las 2 toneladas, es por esto que se debe realizar una exhaustiva búsqueda de información similar, estudios similares, entre otros, que permitan tener un punto de

comparación con los datos muestreados en los actuales vehículos de carga propulsados por motores de combustión interna.

Capítulo II. Marco Teórico

Para poder realizar una investigación de este tipo, es de suma importancia tener un conocimiento teórico previo de una serie de conceptos y elementos que se tocarán en la misma. A continuación; aunque estos conceptos ya se hayan mencionado con anterioridad, se entrará en cada uno de ellos más a detalle.

2.1. Flotillas Vehiculares: Combustión interna vs Eléctrica

Primeramente, se debe hablar del objeto de estudio en sí, los vehículos o medios de transporte. Como ya se conoce, se parte de una flotilla vehicular propulsada por completo por motores de combustión interna; al ser vehículos de carga liviana se asume que a base de diésel debido a que es el combustible más común en este tipo de vehículos. Los motores de combustión interna funcionan bajo el principio de ignición de chispa en bujías que queman el combustible gasolina o por compresión al diésel y lo hacen explotar dentro de una cámara de combustión en la que se encuentra un pistón que realiza los ciclos respectivos al tipo de motor; ya sea de 2 o de 4 ciclos o tiempos, y convierten la energía del combustible en energía mecánica y de movimiento [9]. Esto relacionándolo con la gran cantidad de vehículos de este tipo en circulación actual en Costa Rica y en el mundo en su totalidad es un valor alarmante.

Los acuerdos y protocolos, así como los planes y políticas ambientales tanto nacionales como extranjeras han provocado que se vea a los vehículos eléctricos como elementos de gran impacto y contribución a la reducción de la contaminación y el calentamiento global sirviendo como sustitución a las actuales flotillas vehiculares y de transporte alrededor de todo el mundo [3] [18] [2]. Estos son vehículos que están equipados con baterías las cuales se recargan con el fin de suministrar energía posteriormente a un motor

eléctrico y que este transforme esta energía en energía mecánica [6]. En países como Estados Unidos se ven como medio de salida a la gran necesidad actual hacia las importaciones de petróleo, en economías emergentes como lo son China y la India contribuyen al crecimiento económico y brindan una mayor estabilidad y seguridad energética. Todo esto contribuye enormemente con reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Las implementaciones de este tipo de propulsión actualmente son muy bajas comparadas con las actuales flotillas de combustión interna, pero se espera y prevé que para los años venideros aumenten significativamente [31].

2.2. Sistemas que componen los VCI y los VE

Tanto los VE como VCI se componen por una serie de sistemas que permiten su correcto funcionamiento, además estos sistemas son muy similares en ambos. Básicamente el sistema de propulsión es el que varía, ya que en los VCI es propulsado con combustible y en el VE con electricidad. A continuación, se muestran los esquemas de los sistemas que componen tanto a un VCI como a un VE, mostrando sus componentes principales para su funcionamiento, teniendo en la Figura 3 el esquema del VCI de diésel y en la Figura 4 el del VE.

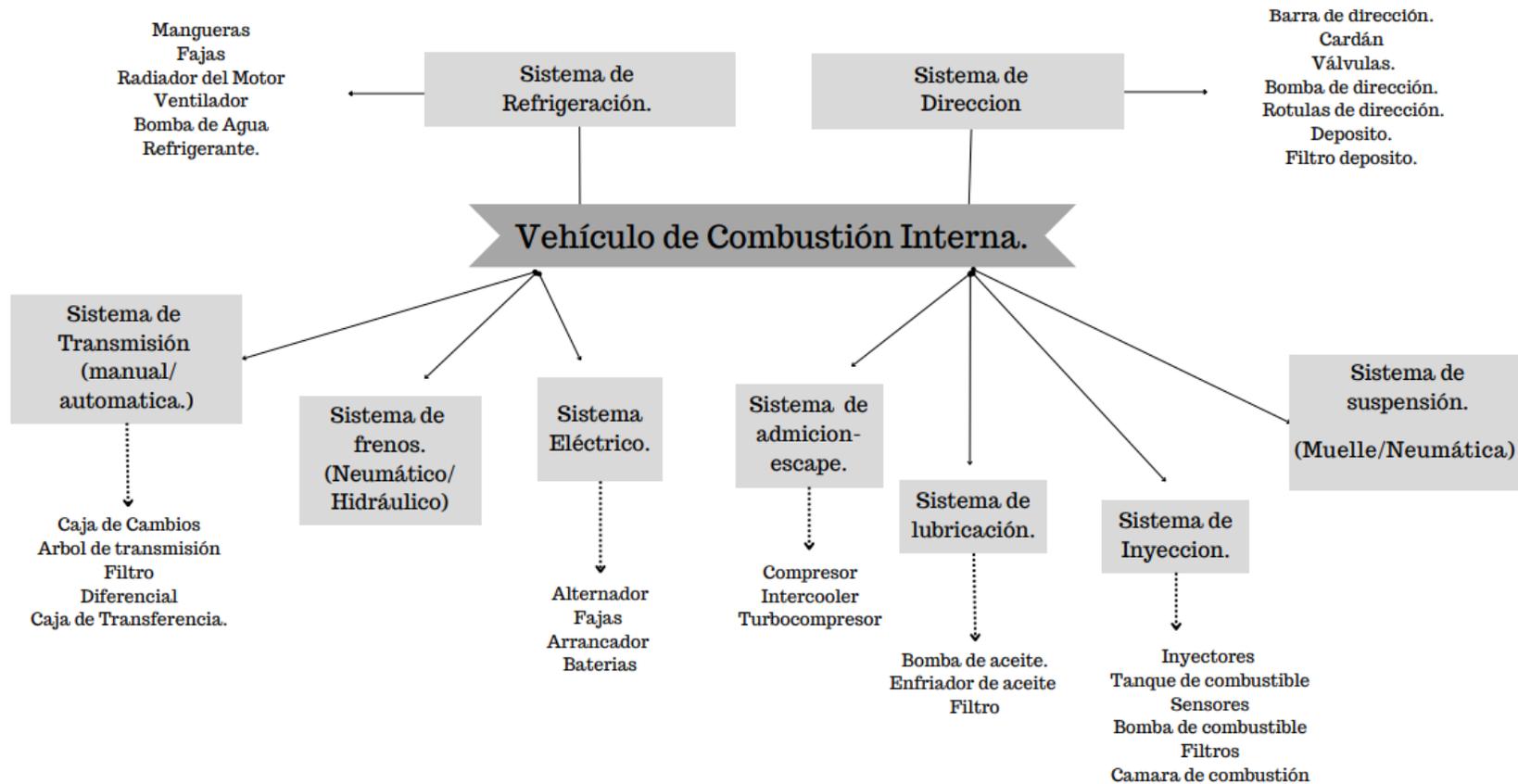


Figura 3. Esquema de los sistemas que componen un VCI de diésel.

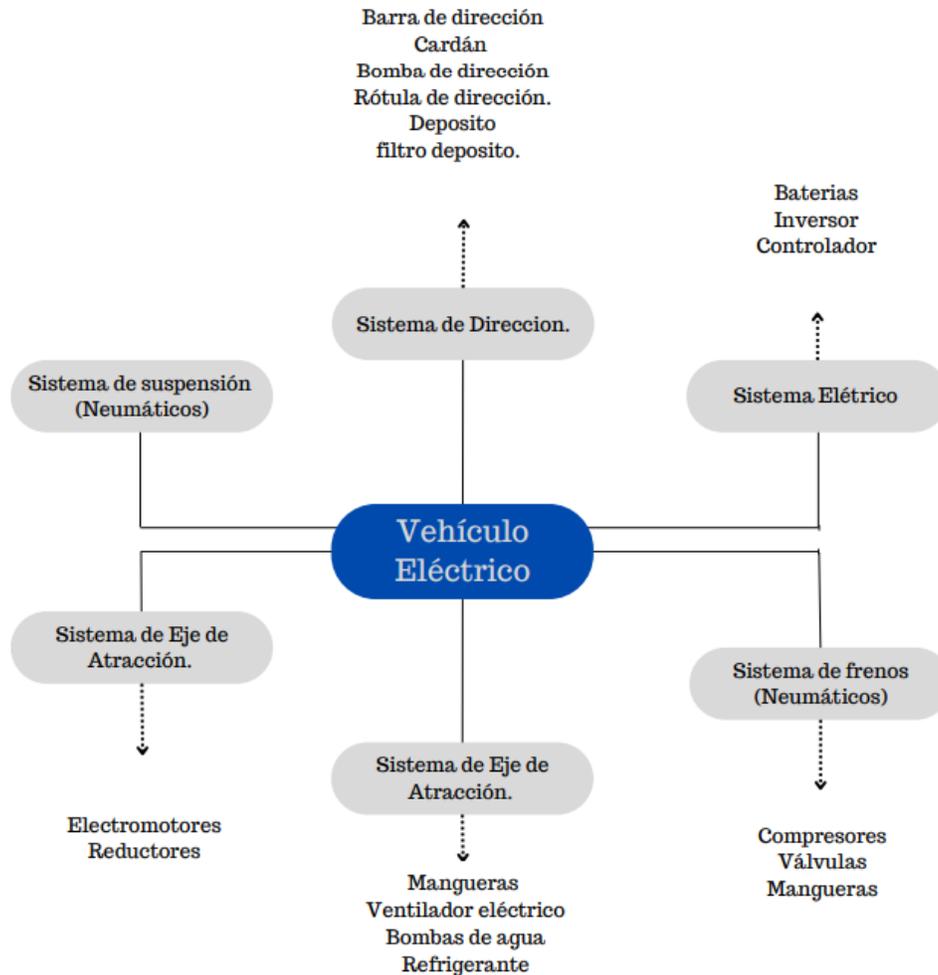


Figura 4. Esquema de los sistemas que componen un VE.

2.3. Emisiones de gases de efecto invernadero

Los gases de efecto invernadero o GEI son componentes que están presentes en toda la atmosfera, estos son resultantes tanto de procesos naturales como descomposición de materia orgánica, actividades volcánicas y oceánicas, pero también de actividades humanas como la deforestación y consumo de combustibles fósiles [1]. El efecto invernadero es causado por la absorción y emisión de radiación infrarroja que tienen estos gases. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático ha reconocido que existen 6 GEI, los cuales son: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), hexafluoruro de

azufre (SF₆), perfluorocarbonos (PFC), hidrofluorocarbonos (HFC) y óxidos nitrosos (N₂O). El incremento en la concentración de estos gases provoca el cambio climático. En Costa Rica, el sector que más emisiones produce de GEI es el sector energía, esto se muestra en la siguiente figura.

Sector	1990	1996	2000	2005	2010	2012	2013	2014	2015	2016
	Emisiones de CO ₂ eq (Gg)									
1. Energía	2890,0	4533,4	4989,4	5947,0	7037,9	7307,9	7631,4	7662,0	7327,5	7874,3
2. IPPU	542,6	618,3	583,8	645,7	869,6	996,6	1103,4	1282,3	1318,0	1324,1
3. Agricultura	3747,3	3119,8	2900,4	2882,0	3057,7	3099,0	2976,3	2842,9	2866,6	2916,4
5. Residuos	1016,7	1291,4	1472,1	1721,3	1930,7	2002,1	2024,6	2062,9	2091,5	2119,7
Total sin FOLU	8196,6	9562,8	9945,8	11196,0	12896,0	13405,6	13735,7	13850,1	13603,6	14234,5
4. FOLU	29103,9	11665,5	17655,5	5391,4	3805,3	4290,6	5001,0	-1290,9	505,1	-1461,1
Total con FOLU	37300,5	21228,3	27601,2	16587,4	16701,3	17696,1	18736,8	12559,3	14108,7	12773,3

Figura 5. Emisión y absorción por sector en Costa Rica [32].

Dentro del rubro de la energía, puede observarse que el sector transporte es el mayor emisor o fuente de GEI, llegando a un valor inclusive del 75% de las emisiones totales del rubro energía.

Categoría de fuente de GEI	Emisiones anuales (Gg de CO ₂ eq)										
	1990	1996	2000	2005	2010	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1.A.1 Industrias de la energía	211,3	556,9	35,3	295,9	610,2	594,9	861,1	778,0	106,2	163,02	64,41
1.A.2 Industrias manufactureras y construcción	627,9	733,9	924,1	1087,9	1087,9	1172,0	1141,1	1134,8	1124,2	1193,0	1287,9
1.A.3 Transporte	1752,5	2804,2	3409,2	3924,9	4755,5	4987,4	5057,5	5165,9	5520,8	5902,0	6017,2
1.A.4 Otros sectores	295,2	371,4	501,3	508,2	451,1	432,7	438,6	445,8	459,4	497,6	518,9
1.B.2 Petróleo y gas natural	3,20	4,75	0,35	4,1	3,8	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.3 Otras emisiones provenientes de la producción de energía	NO	62,2	119,1	126,0	129,3	120,9	133,1	137,6	117,0	118,6	93,2
Total	2890,0	4533,4	4989,4	5947,0	7037,9	7307,9	7631,4	7662,0	7327,5	7874,3	7981,6

Figura 6. Emisiones de GEI del sector Energía para Costa Rica por categoría de fuente [32].

2.4. Carga: Métodos y tipos de cargadores

Un centro de carga para vehículos eléctricos es simplemente una estación donde este tipo de vehículos son acoplados para así ser abastecidos de energía eléctrica y poder cumplir con su uso y funcionamiento. Este tipo de estaciones están normadas de distinta manera en las zonas del mundo, en el caso de los Estados Unidos se cuenta con la norma SAE J1772, mientras que para el territorio europeo se tienen las normas IEC 61851-1 y la IEC 62196-2 [33].

Para realizar una recarga se hace pasar corriente eléctrica desde una fuente hacia las baterías del vehículo; las baterías se encuentran compuestas por una serie de celdas las cuales totalmente cargadas cuentan con un voltaje de 2,2 V y este valor se multiplica por la cantidad de celdas presentes para conocer el voltaje total de la batería. Es recomendable que las baterías sean cargadas por completo, esto con el fin de no disminuir la vida útil de las mismas, también es de suma importancia que las baterías no se expongan a temperaturas altas debido a que sufren de daños graves, la temperatura recomendable es por debajo de los 55°C [33].

Existen distintas clasificaciones para los tipos de carga para vehículos eléctricos, pero la más simple y utilizada se divide en tres niveles. El primer nivel es el estándar a nivel mundial y más recomendado, no se requiere una infraestructura de carga especial ya que funciona con una conexión a corriente alterna monofásica con una tensión de 240 V y una recarga completa con este tipo va de las 6 a las 8 horas. Generalmente se utiliza de manera doméstica. El nivel dos está enfocadas en lugares públicos, a una tensión igualmente de 240 V y dependiendo de la potencia suministrada se pueden tener cargas que van de las 2 a las 6 horas. Este tipo de carga se considera semi rápida. Por último, el nivel tres es consideradas de carga rápida ya que se da en tiempos inferiores a una hora. Este tipo funciona con voltajes

trifásicos que son transformados a corriente directa para cargar las baterías más rápidamente, aunque esto provoca un mayor desgaste de las celdas [34].

Debido al avance independiente en tecnología de vehículos eléctricos por parte de distintos países y regiones se tiene distintos tipos de cargadores, entre estos pueden mencionarse el cargador Tesla creado en Estados Unidos, el cual es exclusivo para sus propios vehículos y trabaja en corriente tanto alterna como directa, los cargadores de la norma SAE de los Estados Unidos en corriente alterna monofásica y de las normas IEC para Europa y China en corriente alterna trifásica. También se tiene el cargador ChadeMo, el cual es utilizado por fabricantes japoneses como Nissan y Toyota que permite cargas ultra rápidas ya que se pueden suministrar corrientes de hasta 200 A. Plugshare muestra que en Costa Rica al ser un consumidor de productos tiene presentes en el país la mayor parte de estos tipos cargadores tanto en estaciones de carga públicas como las privadas que se encuentran en empresas y casas de habitación.

2.5. Análisis del costo de ciclo de vida útil

Para realizar un estudio de este tipo, una herramienta de suma utilidad es el análisis del costo de ciclo de vida útil, el cual abarca los costos desde la compra, la operación, el mantenimiento y el descarte de un equipo o producto. Este análisis brinda una evaluación muy completa del impacto tanto económico como ambiental y social del sujeto de análisis. Desde los años setenta se han venido aplicando este tipo de estudios en el sector automotriz, por ejemplo, estos han venido brindando criterios de identificación de nuevas formas de reducir la dependencia que se tiene hacia el petróleo alrededor del mundo [2], [3]. Estos estudios se han realizado con anterioridad a nivel nacional orientado hacia vehículos, pero no directamente hacia vehículos de carga liviana, razón principal que evidencia la necesidad

del presente proyecto. Es muy importante conocer que la emisión de gases de efecto invernadero proveniente de vehículos de combustión interna no solo se da en la etapa de operación; la cual varía dependiendo de factores externos como el uso rural o urbano así como el terreno por donde se circule, debido al consumo de diésel y mantenimiento de los mismos debido al uso de insumos como aceites y filtros, sino que también en etapas de compra; la cual incluye en sí la fabricación en la planta de producción vehicular, así como en la etapa de descarte, donde se use el vehículo con otros fines de transporte o el desarme del mismo para chatarra y reciclaje donde se dé el derrame de combustibles, aceites, entre otros [2], [3], [18].

2.6. Cuestiones legales y de normativa

Para la realización de esta investigación es de suma importancia acatar reglamentos y normativas con el fin de alcanzar el éxito. En el ámbito nacional además de los planes nacionales anteriormente mencionados que buscan la reducción del impacto ambiental también existe el plan nacional de desarrollo e inversión pública del bicentenario 2019-2022. Este busca asignar fondos para contribuir a la evaluación, seguimiento y puesta en marcha de proyectos que contribuyan a enfrentar problemáticas y desafíos que se tienen en el país. En relación con esta investigación, este plan busca impulsar el objetivo de desarrollo sostenible número 7, el cual busca garantizar el acceso a energía asequible, sostenible, moderna y segura para toda la población. En Costa Rica se han tenido grandes avances en materia ambiental, entre ellos la producción eléctrica prácticamente en su totalidad libre de emisiones; alrededor del 99% [18].

La ley No. 9518 sobre incentivo y promoción para el transporte eléctrico busca promover la adquisición de vehículos eléctricos, esto con el fin común de los planes

nacionales antes mencionados de reducir la contaminación por emisiones de gases de efecto invernadero. En esta ley se coloca al MOPT y al MINAE como los entes encargados de velar y regular el cumplimiento de estos planes y se habla sobre beneficios adquiridos al realizar la compra de este tipo de vehículos donde puede mencionarse la exoneración sobre el valor de este, restricción vehicular nula, entre otros [29].

Volviendo a las estaciones de recarga, existe a nivel nacional un código eléctrico que regula el diseño y construcción de este tipo de infraestructura eléctrica. Siendo este una adaptación del NFPA 70 llamado NEC 2014 en el cual se contienen artículos de acatamiento obligatorio que velan por la seguridad y el correcto funcionamiento de las instalaciones eléctricas. Dentro de los artículos relevantes para la realización de este proyecto pude mencionarse el apartado 210.17 que incluye todo lo relacionado con conexiones para carga de vehículos eléctricos [35].

2.7. Indicadores financieros

Existen conceptos o términos financieros que permiten establecer viabilidad o rentabilidad de proyectos a distintos plazos de tiempo, lo cual es de gran importancia para la realización de este estudio. Entre los requeridos se tienen los siguientes.

Valor actual neto o VAN

Representa una medida del valor del dinero, busca conocer cuánto valor o desvalorización tendrá un proyecto. En su evaluación no se incorporan variables nominales ya que estos no representan cambios en el poder adquisitivo ni en el nivel de riqueza [36]. El VAN se calcula con la siguiente ecuación.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{FNE}{(1+i)^t} - I_0 \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde;

I_0 = Inversión inicial en el momento cero de la evaluación.

i = Tasa de descuento o costo de financiamiento del proyecto.

FNE = Beneficio o flujo neto de efectivo en el periodo t .

Consideraciones por tener en cuenta con el VAN:

$VAN > 0$ El proyecto es considerado como una inversión aceptable y se aprueba.

$VAN < 0$ El proyecto no es una inversión aceptable y se rechaza la propuesta.

$VAN = 0$ El proyecto no genera ganancias ni pérdidas por lo que financieramente se rechaza.

Tasa interna de retorno o TIR

Este evalúa el proyecto en función de una única tasa de rendimiento por periodo de tiempo, con esto los beneficios actualizados en su totalidad son iguales a los desembolsos expresados en moneda actual [36]. El TIR se calcula con la siguiente ecuación.

$$\sum_{t=1}^n \frac{FNE}{(1+TIR)^t} - I_0 = 0 \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde;

I_0 = Inversión inicial en el momento cero de la evaluación.

TIR = Tasa interna de retorno.

FNE = Beneficio o flujo neto de efectivo en el periodo t.

Consideraciones por tener en cuenta con el TIR:

TIR > El proyecto se aprueba.

TIR < 0 El proyecto se rechaza.

TIR = 0 El proyecto se puede aprobar, pero no es buena opción en términos financieros.

Flujo neto de efectivo o FNE

Son estimaciones o valores esperados de entradas de efectivo, rendimientos, desembolsos, gastos y costos. Si su valor es positivo representa la entrada de efectivo y si es negativo la salida de este. Estos ocurren en un periodo de tiempo establecido fijo [37]. Para determinarlo se tiene la siguiente ecuación.

$$FNE = BenN + Am + Pr + CpP - CpC \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde;

FNE = Flujo neto de efectivo en el periodo t.

BenN = Beneficios netos.

Am = Amortizaciones.

Pr = Provisiones.

CpP = Cuentas por pagar.

CpC = Cuentas por cobrar.

Depreciación

Es la medida en la cual un activo reduce su valor. Se puede tomar como el valor inicial del activo y restarle todos los fondos de capital invertidos en él. Esto no representa un flujo de efectivo real, ni tampoco el patrón de uso real del activo durante su posesión [37].

Capítulo III. Características y Prestaciones Técnicas

3.1. Flotilla Vehicular Actual en Grupo Agroindustrial Tres Jotas

S.A.

El punto de partida de este trabajo consiste en conocer, verificar y analizar la flotilla vehicular con la que cuenta Grupo Agroindustrial Tres Jotas S.A. en su división de transporte y logística, esto con el fin de obtener aspectos de suma importancia, como lo son marca, modelo, potencia, entre otros; los cuales permitirán tener una perspectiva de las necesidades de movilización que se tienen en la empresa y comparándolo con la oferta vehicular del presente año poder brindar bases para una futura renovación de las flotillas.

La flotilla vehicular actual de la empresa asignada al área de logística y transporte cuenta con 84 vehículos, entre los cuales se tienen 54 de carga pesada, tanto camiones como maquinaria, 10 de carga liviana y 20 de uso particular. Se tomará como objeto de estudio los 10 vehículos de carga liviana debido a que en su totalidad son camiones Mitsubishi Canter Fuso del año 2017 con las mismas características y prestaciones, las cuales serán mostradas a continuación. También estos vehículos recorren distancias similares y transportan cargas del mismo tipo y peso (carnes principalmente) a diario. Para el análisis de costo de ciclo de vida útil se tomarán los 3 camiones más representativos en cuanto a kilometraje recorrido y por ende consumo de combustible, los cuales se nombrarán por su número de placa registrado en Costa Rica. Estos 3 vehículos permitirán reflejar los datos totales de toda la flotilla analizada, teniendo el peor escenario para la empresa donde se muestran los mayores costos económicos y emisiones de CO₂. Debe mencionarse que toda la flotilla vehicular de carga liviana de la empresa corresponde a vehículos propulsados por motores de combustión interna de diésel.

En la Tabla 2, se muestran las características y especificaciones técnicas de los camiones de carga liviana a comparar y eventualmente sustituir. Cabe resaltar que los datos mostrados han sido tomados de la ficha técnica del vehículo, su respectivo estudio registral obtenido del Registro Nacional de Costa Rica (se muestra a manera de ejemplo en Anexo 1) y de mediciones de campo realizadas, además de que el vehículo funciona con diésel.

Tabla 2. Características técnicas de la flotilla de camiones de carga liviana con motor de combustión interna.

Marca	Modelo	Año	Peso (kg)	Pasajeros	Cilindrada (cm ³)	Volumen tanque (l)	Consumo (l/100 km)	Potencia máxima (kW)	Torque máximo (Nm)	Capacidad de carga (kg)
Mitsubishi	Canter Fuso	2017	1780	3	4200	70	21,5	87	300	2600

Con las características mostradas en la tabla anterior, pueden concluirse las necesidades de transporte de la empresa que se suplen con los camiones actuales. Un dato de suma importancia es la capacidad de carga de los camiones, la cual como se muestra es de 2600 kg. Sin embargo, al realizar la consulta en la empresa, tanto en el área de ventas como en el área de logística y transporte, se obtuvo que los camiones transportan cargas estimadas diarias que van desde los 1500 hasta los 2000 kg. Aspectos como la gran cantidad de productos distintos, peso por producto, tipos de embalaje, así como la agilidad operativa que requiere el transporte de productos cárnicos no permite generar un registro diario específico y detallado de los pesos de carga totales, solo un intervalo aproximado. Estos camiones son cargados con producto, realizan sus rutas y al volver a la planta de almacenamiento son reabastecidos con productos para el día siguiente. También, se indica por parte de la empresa

que rara vez se tienen cargas cercanas a los 2000 kg, debido a que generalmente queda producto sin vender al final del día.

Los datos anteriores permiten orientar la selección de posibles opciones de vehículos sustitutos con propulsión eléctrica. Con este dato anterior puede concluirse que la capacidad de carga de los vehículos actuales está ligeramente sobredimensionada; siendo su principal justificante la poca oferta en capacidades de carga ofrecidas en el mercado mundial de camiones. Debe optarse en la selección de camiones por los que posean la capacidad de transportar un valor de carga cercano a los 2000 kg o 2 toneladas, ya que este es según lo mencionado anteriormente el valor de carga máxima requerido por la empresa.

A manera de resumen se muestra la Tabla 3 que contiene los datos necesarios para basar el criterio de selección para futuros vehículos de sustitución.

Tabla 3. Prestaciones requeridas en los vehículos para sustituir la flotilla actual.

Capacidad Pasajeros	Capacidad Carga (kg)	Potencia (kW)	Torque (Nm)
2	2000	87	300

3.2. Alternativas en Vehículos Eléctricos de Carga Liviana para la Sustitución de la Flotilla Actual

En el mercado vehicular costarricense se cuenta con una amplia variedad de VE que va desde bicicletas y motocicletas hasta vehículos destinados para el transporte de carga, así que basándose en las prestaciones mínimas requeridas por la empresa se pueden determinar cuáles podrían ser posibles sustitutos para la flotilla actual. El Ministerio de Ambiente y Energía mantiene una lista actualizada de todos los modelos de VE que sean ofrecidos en Costa Rica; establecido en la Ley No. 9518 de Incentivos y Promoción para el transporte

eléctrico, actualmente está lista refleja que en el mercado nacional se tienen 24 marcas con 45 modelos distintos [38]. Esta lista abarca desde automóviles, vehículos de carga liviana y motocicletas. En cuanto a lo pertinente al presente trabajo, se muestra la Tabla 4 la oferta vehicular en el sector de carga liviana a nivel nacional para el presente año 2023.

Tabla 4. Oferta de vehículos eléctricos de carga liviana "CL" en Costa Rica para el año 2023 [38].

Marca	Modelo	Tipo	Capacidad de Batería (kWh)	Potencia (kW)	Autonomía (km)	Torque (Nm)	Capacidad Carga (kg)
BYD	T3	Van	44,9	100	300	180	720
DFM	EM26		41,9	70	220	230	1230
Geely	Farizon E5		41,9	60	300	220	965
Geely	Farizon E6		50,2	100	235	400	1415
Maxus	EV 30		35,0	90	235	250	850
Renault	Kangoo ZE		33,0	44	228	225	750
Wuling	EV 50		43,2	60	300	220	850
Yema	Letin EC30		48,0	80	350	180	700
Geely	Farizon E200	Camión	66,8	90	295	400	1920
JMC	N801		81,1	120	160	500	2730
JMC	Vigus T500	Pick Up	60,2	120	332	320	1225
ZNA-DFM	Rich 6		67,9	120	403	420	800

De la Tabla 4 puede observarse que los vehículos que más se adecuan a las necesidades de la empresa son los tipos camión, tanto en potencia, torque, como capacidad de carga. El vehículo Geely Farizon E200 tiene como carencia el valor determinado de capacidad de carga requerida por la empresa; teniendo una capacidad de 80 kg menor a lo

indicado anteriormente; pero como se mencionó por lo general nunca se alcanzan cargas tan cercanas a las 2 toneladas. Esto puede analizarse posteriormente para determinar la relevancia de esta deficiencia. El vehículo JMC N801 por otra parte cumple con el torque, potencia y supera en gran manera la capacidad de carga requerida; un posible inconveniente es su autonomía de 160 km, muy por debajo de los 295 km que ofrece el vehículo Geely, lo que se analizará posteriormente para conocer si puede cubrir el kilometraje requerido por la empresa. Ambos camiones son ofrecidos en Costa Rica por Grupo Veinsa, el precio final del E200S es de \$ 44 900 y para el N801 es de \$ 59 900. Sus respectivas fichas técnicas se muestran en los Anexo 2 y Anexo 3.

Para brindar la mejor opción del mercado para una óptima sustitución de la flotilla se procede a analizar fuera de las fronteras costarricenses posibles opciones vehiculares. A continuación, en la Tabla 5 se muestran opciones de camiones eléctricos en distintos países de Latinoamérica que pueden cumplir con los requisitos actuales en la empresa. Se menciona que los modelos ofrecidos en Costa Rica también son ofrecidos fuera del país a un costo muy similar por lo cual no se consideraron nuevamente.

Tabla 5. Camiones eléctricos con capacidades similares a las requeridas en países latinoamericanos.

Marca	Modelo	País donde se ofrece	Capacidad de Batería (kWh)	Potencia (kW)	Autonomía (km)	Torque (Nm)	Capacidad Carga (kg)
Dongfeng	EV-18	Ecuador	81,14	120	250-350	320	2800
Dongfeng	eCargo 2,3T	Colombia	48,97	40	220	550	2300

Los datos de la tabla anterior fueron obtenidos de la ficha técnica de los vehículos, estas se muestran en los Anexo 4 y Anexo 5. Al igual que en Costa Rica la oferta vehicular en el sector de carga liviana es muy pequeña, solamente se ofrecen estos dos modelos distintos a los ofrecidos nacionalmente. Observando los datos de la Tabla 5, el camión EV-18 tiene valores de potencia, autonomía y torque adecuados, pero su capacidad de carga está muy por encima de lo requerido. El camión eCargo tiene una muy buena capacidad de carga, pero su potencia está muy por debajo de lo requerido.

Como ya se mencionó, el precio de compra de los camiones es un aspecto de suma importancia, esto aún más si se consideran gastos extras al importarse este tipo de vehículos. En el caso del vehículo EV-18 se realizó una cotización con Grupo Mavesa Ecuador teniendo un precio de \$ 59 990, pero para el vehículo eCargo no se tuvo una respuesta satisfactoria con cuestiones de precio en ninguna de las agencias colombianas debido a que al momento de la cotización este vehículo ya no se encuentra disponible, dándose por descartado este modelo.

Todos los vehículos mostrados en este estudio provienen del extranjero, los ofrecidos en territorio nacional ya se da su precio con impuestos de importación, así como gastos de nacionalización y fletes, pero para el vehículo proveniente de Ecuador deben considerarse por encima del precio dado por Grupo Mavesa. El Sistema Costarricense de Información Jurídica indica que al ingresar un vehículo al país se deben pagar distintos impuestos sobre el valor CIF de este, los cuales son el Impuesto al Valor Agregado o IVA de un 13%, Impuesto Selectivo de Consumo o ISC (para camiones es de un 10%) y Ley 6879 de un 1% [39]. El valor CIF quiere decir Cost, Insurance and Freight o valor de costo, seguro y flete y es un término proveniente de los Incoterms que son términos comerciales internacionales

publicados por la Cámara de Comercio Internacional o CCI. En este caso el valor CIF está conformado por el costo ya brindado por Grupo Mavesa, el valor del flete y el seguro se cotizó con la empresa BR Logistics Europa y tiene una tarifa total de aproximadamente \$ 2190, teniendo como valor CIF final para el vehículo unos \$ 62 180. A partir de este valor de costo se determinan los impuestos, en la siguiente tabla se muestra el costo final del vehículo EV-18.

Tabla 6. Impuestos de importación y nacionalización del camión EV-18.

Rubro	Valor (dólares)
Compra	\$ 59 990,00
Flete y seguro	\$ 2 190,00
CIF	\$ 62 180,00
IVA (13%)	\$ 8 083,40
ISC (10%)	\$ 6 218,00
Ley 6879 (1%)	\$ 621,80
Impuestos totales	\$ 14 923,20
Precio final	\$ 77 103,20

Conociendo que los tres modelos mostrados cumplen con las características requeridas por la empresa en cuanto a prestaciones, se deben analizar otros aspectos como lo son las dimensiones de chasis aprovechable, tiempo y voltaje de carga, tipo de cargador, disponibilidad y facilidad de repuestos y mantenimiento, así como el precio del vehículo. Para los vehículos E200S y N801 se tiene la ventaja que al ser distribuidos localmente por Grupo Veinsa se puede acceder fácilmente a planes de mantenimiento preventivo, correctivo a un bajo costo, tiempos de espera menores en cuanto a soporte de repuestos, entre otros; lo cual no se tendría con el vehículo EV-18 por venir de fuera del país. En cuanto a las características del vehículo asociadas a la carga de la batería, se tienen las mostradas en la

siguiente tabla basado en los datos de la ficha técnica mostradas en los Anexo 2, Anexo 3 y Anexo 4.

Tabla 7. Características de carga de los camiones VE a analizar.

Camión	E200S	N801	EV-18
Voltaje (V)	220	220	220
Tipo de cargador	GB/T	GB/T	CCS2
Potencia cargador (kW)	7,3	7,3	6,6
Tiempo de carga (h)	8 a 10	9 a 11	11 a 13

En tiempos de carga los dos modelos ofrecidos nacionalmente tienen ventaja, ya que cargan completamente su batería en un menor tiempo, siendo el modelo E200S el más rápido en cargar. El tipo de cargador también es un punto muy importante, debido a que el cargador GB/T que poseen los camiones ofrecidos en Costa Rica es muy común, además que el accesorio de carga portátil que viene incluido con el vehículo puede enchufarse a un tomacorriente tipo NEMA 14-50R. Este tipo de enchufe, así como la disponibilidad de este tipo de cargador en estaciones públicas se aborda en secciones posteriores.

Las dimensiones aprovechables del chasis de los vehículos es un dato de suma importancia, en planta se realizaron las mediciones de los vehículos de la flotilla actual y son las mismas que las del modelo Canter 2023, estos valores se muestran en el Anexo 6. Para poder compararlos con los modelos eléctricos a analizar, se muestra la siguiente tabla.

Tabla 8. Dimensiones del chasis de los vehículos a analizar.

Camión	Actual	E200S	N801	EV-18
Ancho (mm)	1695	1830	2225	2040
Largo (mm)	3095	3400	4080	4220

En dimensiones el vehículo que más se asemeja al actual es el E200S, la ventaja de esto es que las estructuras refrigeradas (llamadas en este documento como carrocería) se pueden pasar de los camiones de la flotilla actual a los nuevos sin necesidad de muchos ajustes, solamente moviendo puntos de anclaje al chasis. En la empresa se cuenta con un taller mecánico y soldadura donde esto puede realizarse fácil y rápidamente. También, el volver a utilizar las carrocerías representa una reducción en los costos con respecto a un escenario donde se deban adquirir nuevas. Al consultar en el sector de transporte de la empresa esta es una práctica que comúnmente se realiza, ya que a los camiones terminar su ciclo de vida en la empresa la carrocería se encuentra en perfecto estado.

Al analizar estos datos se determina que el camión Farizon E200S es el más viable para la realización de este estudio por aspectos como autonomía, capacidad de carga, dimensiones, tiempo de carga, entre otros. También se va a analizar económicamente al camión N801 para determinar qué tan viable sería su implementación en la empresa y tener una segunda opción de mercado. El camión EV-18 queda descartado por las razones ya explicadas.

3.3. Alternativas en Vehículos de Combustión Interna de Carga Liviana para la Sustitución de la Flotilla Actual

En cuanto a una posible alternativa para una sustitución a una nueva flotilla, pero manteniéndose en motores de combustión interna, la mejor opción y que se ajusta perfectamente a las necesidades actuales en la empresa es un camión Mitsubishi Canter Fuso del 2023. Ya que este al ser el mismo modelo tendría prácticamente los mismos consumos, gastos asociados a mantenimiento, entre otros; además que su funcionalidad para la empresa ya se encuentra más que comprobado. Al cotizar este vehículo en la agencia de Grupo Veinsa, se tiene que sus especificaciones técnicas (obtenidas de su ficha técnica mostrada en el Anexo 6) son las siguientes.

Tabla 9. Prestaciones de los camiones Mitsubishi Canter Fuso 2023.

Marca	Modelo	Año	Peso (kg)	Pasajeros	Cilindrada (cm3)	Volumen tanque (l)	Consumo (l/100 km)	Potencia máxima (kW)	Torque máximo (Nm)	Capacidad de carga (kg)
Mitsubishi	Canter Fuso	2023	1780	3	4200	70	19	89	304	2620

Es importante mencionar que el vehículo que cumple de manera perfecta con las especificaciones de los camiones de la flotilla actual es el camión Canter código FE71CB8LGPA (el cual es el mostrado y analizado en este documento), ya que existen otras variantes con distintas motorizaciones como lo es el Canter código FE71PB8SLGPA. Además de que varían en precio, capacidades, entre otros. El precio final de este camión es de \$ 24 900.

3.4. Puntos de Recarga Públicos en Costa Rica

En todo el territorio nacional existen distribuidas estaciones públicas de recarga de vehículos eléctricos, según ASOMOVE o Asociación Costarricense de Movilidad Eléctrica hay más de 100 estaciones. Existen páginas web como ElectroMaps y PlugShare y sus respectivas aplicaciones para dispositivos móviles donde se muestran ubicaciones, tipos de cargadores disponibles, si las estaciones están o no en uso, tiempos de espera entre otros. Una de estas aplicaciones es Plugshare, que además mediante el uso del GPS brinda al usuario la ruta más cercana a los dispositivos de carga. En la Figura 7 se muestra el mapa generado por la aplicación Plugshare con todas las estaciones de carga publicas disponibles, siendo las señaladas en color verde estaciones publicas comunes y las señaladas en naranja estaciones publicas pero que cuentan con al menos una estación para alta potencia. En la Figura 8 se muestran los tipos de cargadores disponibles en dichas estaciones de carga.



Figura 7. Mapa de estaciones de carga públicas en Costa Rica en PlugShare.

Conectores (15 de 15)			Marcar todo
 ✓	 ✓	 ✓	
Tesla (Fast)	CCS/SAE	CHAdeMO	
 ✓	 ✓	 ✓	
J-1772	Tesla	Tesla (Roadster)	
 ✓	 ✓	 ✓	
Type 2	Type 3	Three Phase	
 ✓	 ✓	 ✓	
Caravan Mains S...	Commando	GB/T	
 ✓	 ✓	 ✓	
GB/T 2	NEMA 14-50	Wall	

Figura 8. Lista de tipos de cargadores disponibles en las estaciones de carga en PlugShare.

Debe aclararse que en el mapa de la Figura 7 se muestran todas las estaciones de carga publicas presentes en el país, mas no con las compatibles con los camiones a analizar. Sabiendo que ambos vehículos poseen una conexión o tipo de cargador GB/T y que además incluyen en su compra un adaptador de carga para tomacorriente NEMA 14-50R, se procede a mostrar en la siguiente figura las estaciones de recarga eléctrica públicas que se adecuan a las características de los camiones E200S y N801.

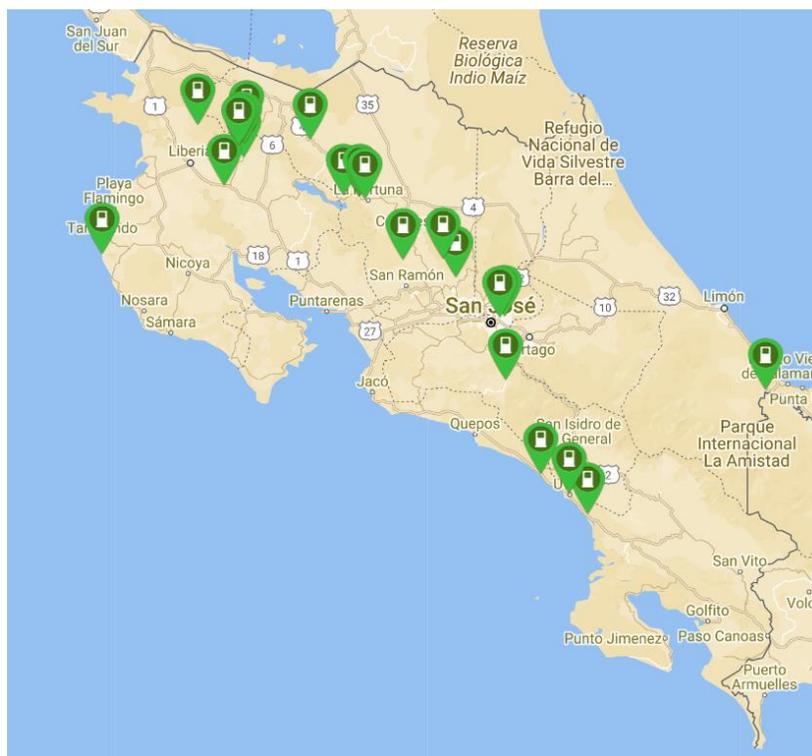


Figura 9. Ubicación de estaciones tipo GB/T y NEMA 14-50R en Costa Rica.

Capítulo IV. Impacto Ambiental

4.1. Emisiones de GEI durante todo el ciclo de vida de los vehículos

Para determinar el impacto tanto social como ambiental no debe solamente considerarse las emisiones de GEI y consumos energéticos asociados con su uso y operación; sino también, al igual que en el análisis de costo de ciclo de vida útil se deben considerar tanto su producción, mantenimiento y descarte, ya que estas etapas conllevan una serie de procesos y requerimientos que son grandes emisores de contaminantes.

La etapa de producción de los vehículos es una muy importante a considerar, debido a que en esta se incluyen todas las emisiones generadas en la extracción de materiales y en los procesos para obtener las materias primas requeridas. Aunque de manera exterior e interior un VE y un VCI se vean muy similares, sus costos de producción, así como las emisiones generadas por su fabricación son muy diferentes. Una carrocería puede utilizarse para ser equipada con ambos tipos de propulsión y esta tendría el mismo costo de producción asociado, así como de emisiones de GEI, la variación viene a darse en el tipo de propulsión que se equipe.

Según un estudio realizado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, la producción de un VCI promedio o mediano emite entre 5 y 6 toneladas de CO₂ [40]. Evidentemente, mientras más grande sea el vehículo las emisiones GEI van en aumento, en el caso de un vehículo utilitario deportivo o SUV, el Consejo Internacional de Transporte Limpio o International Council on Clean Transportation ICCT indica que sus emisiones van alrededor de las 10 toneladas de CO₂ [41]. Además, si se consideran los vehículos de lujo, estos utilizan metales más costosos y pesados, lo cual aumenta el uso de energía para su producción, así como las emisiones GEI, llegando estas últimas a alcanzar hasta las 31

toneladas de CO₂, siendo esto un valor significativamente mayor que los generados por un vehículo convencional [41]. Además, los vehículos de lujo suelen ser equipados con motores más grandes y menos eficientes en términos de consumo de combustible, lo cual claramente contribuye al aumento en la huella de carbono asociado a dicho automotor [40]. Se deja en claro que estas emisiones se dan tanto en la producción de vehículos propulsados tanto con diésel como con gasolina.

Por otra parte, la producción de VE también emite GEI, esto principalmente debido a la alta demanda de energía y el tipo de materia prima requeridos para la producción de las baterías. La producción de un VE emite en promedio alrededor de un 60% más de CO₂ que la producción de un VCI convencional ya sea de diésel o de gasolina, sin embargo, el impacto ambiental que este tipo de vehículo conlleva disminuye de manera significativa a lo largo de su vida útil debido a la ausencia en las emisiones producidas por su uso, así como la mayor eficiencia energética que estos vehículos poseen [42].

En cuanto a consumos de energía, en el caso de los VCI se tienen estudios que indican un consumo de alrededor de 100 GJ, mientras que para los VE se tienen consumos cercanos a los 180 GJ, de igual manera se menciona que en el caso de los VE su consumo en energía en la etapa de producción es mayor, pero esta se ve disminuida en su etapa de uso y operación [43]. Estos datos anteriores, así como la cantidad de emisiones de CO₂ correspondiente a cada componente del vehículo se muestran a continuación en la Figura 10.

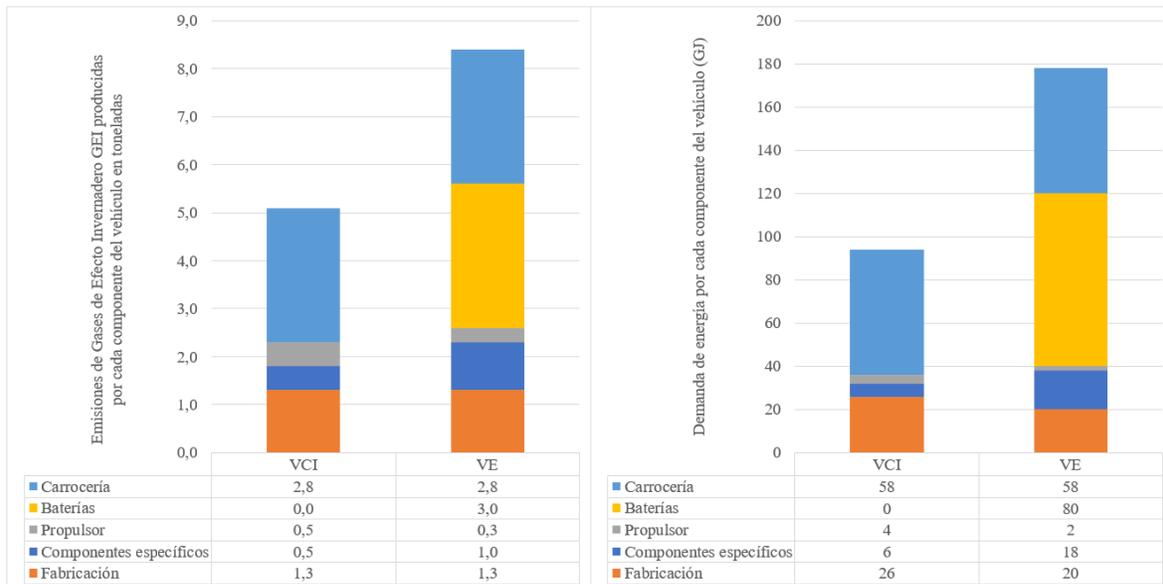


Figura 10. Demanda energética y emisiones de CO₂ en la producción de vehículos VE como VCI [43].

En la figura anterior puede verificarse lo mencionado anteriormente, los VCI tienen una emisión de GEI en su producción de alrededor de 5 toneladas de CO₂, y los VE tienen un 60% más aproximadamente, lo cual equivale a 8 toneladas de CO₂ aproximadamente.

Si se viera punto por punto las emisiones producidas en cada una de las etapas del ciclo de vida de los vehículos tanto VCI como VE, podría comprenderse el gran impacto que esto tiene sobre el ambiente, es por esto por lo que a continuación se detallará un poco cada una de las etapas del ciclo de vida.

En el caso de la producción del vehículo no solo se debe considerar la fabricación de los componentes y el ensamble de estos para dar con un producto terminado; que en este caso es un vehículo, sino que debe considerarse también aspectos como la minería donde se obtienen las materias primas necesarias, los procesos de separación y extracción de minerales, entre otros. La parte de producción de los vehículos tanto eléctricos como de

combustión representa el 7% de las emisiones totales GEI en el sector energía [19]. Las materias primas necesarias para la producción de VE poseen una cantidad de emisiones y demanda de energía mayores a los necesarios para los VCI, esto principalmente debido a componentes como las baterías que utilizan por ejemplo Litio y la gran cantidad de cobre necesario para cables y el motor en sí.

Las emisiones GEI asociadas a la producción de baterías de litio depende tanto del proceso productivo utilizado como de la zona geográfica de la mina, pero de igual manera son valores significativos. Según estudios realizados, la producción de baterías de litio puede generar entre los 61 y 106 kg de CO₂ por cada kWh de capacidad de almacenamiento que tenga la batería [44] [45]. Además, algunos tipos de baterías de Litio requieren también de materiales como el Cobalto y el Níquel, los cuales su extracción también genera emisiones nocivas. Un estudio arrojó que cada kilogramo de Cobalto extraído genera entre 17 y 40 kg de CO₂, cabe mencionar que estas emisiones representan solo una porción de las emisiones de la producción de las baterías, pero poco a poco se han ido mejorando los procesos para reducir la huella de carbono asociada a esta etapa [46].

Otra materia prima que es muy utilizada en la producción de vehículos; usado en los VCI, pero en mayor cantidad en los VE, es el Cobre. Este material es utilizado en cables de alto voltaje, cargadores, generadores, electrónica, entre otros. La extracción y procesamiento emite aproximadamente 1,2 toneladas de CO₂ por cada tonelada de Cobre producido, aunque este valor puede variar al igual que en las demás materias primas obtenidas debido a factores como eficiencia y tipo de proceso utilizado [47]. También, es importante destacar que en la producción de cables para uso automotriz la extracción de cobre no es el único emisor de

GEI, sino también procesos como la extrusión y recubrimiento de estos también generan emisiones de CO₂ [48].

Una fuente de emisiones GEI que debe considerarse es el transporte de piezas y repuestos de una planta productiva a otra; ya que existen plantas donde se producen partes y otras al otro lado del mundo donde se ensamblan los vehículos, e inclusive el vehículo terminado en sí. El transporte de mercancías por carretera representó en el 2017 un 17% de las emisiones totales GEI en China [49]. La cantidad de emisiones se ve afectada directamente por aspectos como distancia entre una planta y otra, así como el medio de transporte que se utilice. En la unión europea el 72% de las emisiones de CO₂ son producidas por el transporte en carretera, un 15% por el transporte ferroviario y el 13% restante por medio marítimo [50].

En la etapa de uso u operación de los vehículos se tienen o pueden tenerse emisiones de GEI, en el caso de los VE podría decirse que su uso no presenta emisiones, pero se debe tomar en cuenta el tipo de producción que tuvo la energía eléctrica consumida; es decir, si se carga la batería del vehículo con energía eléctrica producida con plantas que funcionan con combustibles fósiles también se estaría emitiendo CO₂. La ventaja en Costa Rica es que como se mencionó ya en este documento, la producción eléctrica nacional proviene en un 99% de energías renovables o no contaminantes lo cual implica que puede afirmarse que el uso de VE en Costa Rica no tendría emisiones GEI relacionadas a este aspecto [18].

En el caso de los VCI, la cantidad de CO₂ que estos producen viene asociada a varios factores, entre ellos la eficiencia del combustible, tamaño y potencia del motor, condiciones de manejo entre otros. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos EPA estima que el motor diésel; dependiendo de la eficiencia del combustible y el contenido de

carbono de este, en promedio emite a la atmosfera 2,64 kg de CO₂ por cada litro de diésel consumido [51]. Este dato anterior es muy similar al obtenido por el Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica, el cual en estudios nacionales se obtuvo que las emisiones son de 2,613 kg de CO₂ por cada litro de diésel en promedio [14]. Para este documento y el análisis a realizar posteriormente se tomará el dato obtenido en territorio costarricense basándose en el hecho de que las condiciones nacionales son geográficamente más acertadas que las obtenidas en Estados Unidos con respecto al actual estudio.

Se debe tener muy presente que las emisiones de CO₂ son solo una parte del impacto generado por los vehículos de combustión y en este caso diésel, debido a que también se emiten contaminantes como lo son los óxidos de nitrógeno (NO_x) y otras partículas que pueden tener efectos muy negativos en la calidad del aire y en la salud pública [51].

Cuando un vehículo cumple con su vida útil debe disponerse de la mejor manera para evitar la emisión de GEI; en el caso de Grupo Agroindustrial Tres Jotas S.A. mediante una entrevista con el señor Luis Mora Gerente de Logística se determinó que generalmente el periodo de uso de este tipo de camiones VCI va de los 5 a los 6 años, después de este lapso de uso se ponen en venta para ser utilizados en otra labor fuera de la empresa.

Para un vehículo eléctrico, se puede realizar una sustitución del conjunto de baterías y podría iniciar de nuevo su ciclo de vida. El conjunto de baterías “viejo” puede tener una serie de usos, a esto se le conoce como una segunda vida o Battery Second Use o B2U. Las baterías de Litio de los VE pueden tener un reciclaje más eficiente y sostenible que el de otros tipos de baterías como lo son las de plomo-ácido que son las utilizadas en los VCI [52]. Actualmente, se han realizado distintas investigaciones con el fin de mejorar los procesos de reciclaje de las baterías usadas en VE para así poder aprovechar al máximo los materiales

que las componen. Entre los materiales que pueden recuperarse están el Litio, Cobalto, Níquel, Aluminio, así como plásticos y electrolíticos [53].

Uno de los principales usos que se les dan a las baterías retiradas de VE es la fabricación de nuevas baterías para VE, esto reduce la necesidad de extraer nuevos materiales, disminuye costos de producción y reduce la cantidad de residuos contaminantes del suelo y el agua [52]. Otras de las aplicaciones de las baterías usadas es la aplicación en sistemas de almacenamiento de energía tanto para industrias como para hogares y la creación de baterías de tipo estacionarias para el suministro de energía eléctrica en zonas de difícil acceso o rurales [54].

4.2. Emisiones de CO₂ de la flotilla actual de camiones de carga liviana en Grupo Agroindustrial Tres Jotas S.A. en la etapa de uso

Para determinar las emisiones de CO₂ en kilogramos emitidas por los camiones Mitsubishi Canter Fuso 2017 presentes en la empresa se tomará el factor de emisión obtenido por el Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica, el cual es de 2,613 kg de CO₂ por cada litro de diésel [14]. También se hará la conversión a toneladas de CO₂ con el fin de poder compararlos con datos anteriores de emisión mostrados en este documento. La ecuación utilizada se muestra a continuación.

$$Emisiones (kg CO_2) = Litros Consumidos (l) \times Factor Diésel \left(\frac{kg CO_2}{l} \right) \quad (\text{Ecuación 4})$$

Los litros consumidos corresponden a las mediciones de campo realizadas para cada una de las placas vehiculares estudiadas en el periodo que va desde enero del 2021 hasta enero del 2023. En la siguiente tabla se muestran tanto los kg de CO₂ como las toneladas de CO₂ emitidas por los vehículos VCI actuales de la empresa por consumo de combustible.

Tabla 10. Emisiones de CO₂ por consumo de combustible generadas por la flotilla vehicular de carga liviana actual.

Periodo	Placa Vehicular								
	CL-294371			CL-299106			CL-299176		
	Litros Consumidos (l)	Emisiones de CO ₂		Litros Consumidos (l)	Emisiones de CO ₂		Litros Consumidos (l)	Emisiones de CO ₂	
		Kg CO ₂	Toneladas CO ₂		Kg CO ₂	Toneladas CO ₂		Kg CO ₂	Toneladas CO ₂
ene-21	566,917	1481,354	1,481	261,096	682,244	0,682	362,174	946,361	0,946
feb-21	536,496	1401,864	1,402	695,594	1817,587	1,818	397,765	1039,360	1,039
mar-21	570,606	1490,993	1,491	754,498	1971,503	1,972	516,279	1349,037	1,349
abr-21	498,087	1301,501	1,302	699,935	1828,930	1,829	367,681	960,750	0,961
may-21	590,756	1543,645	1,544	545,149	1424,474	1,424	459,416	1200,454	1,200
jun-21	558,964	1460,573	1,461	767,416	2005,258	2,005	480,982	1256,806	1,257
jul-21	337,514	881,924	0,882	728,909	1904,639	1,905	234,465	612,657	0,613
ago-21	580,930	1517,970	1,518	758,637	1982,318	1,982	424,844	1110,117	1,110
sep-21	470,554	1229,558	1,230	697,242	1821,893	1,822	389,280	1017,189	1,017
oct-21	459,455	1200,556	1,201	732,417	1913,806	1,914	559,214	1461,226	1,461
nov-21	520,951	1361,245	1,361	759,404	1984,323	1,984	439,145	1147,486	1,147
dic-21	453,372	1184,661	1,185	718,812	1878,256	1,878	395,865	1034,395	1,034
ene-22	228,893	598,097	0,598	619,617	1619,059	1,619	324,292	847,375	0,847
feb-22	593,668	1551,254	1,551	217,767	569,025	0,569	340,731	890,330	0,890
mar-22	533,630	1394,375	1,394	150,982	394,516	0,395	289,695	756,973	0,757
abr-22	0,000	0,000	0,000	160,575	419,582	0,420	586,175	1531,675	1,532
may-22	333,255	870,795	0,871	214,602	560,755	0,561	575,101	1502,739	1,503
jun-22	349,497	913,236	0,913	222,767	582,090	0,582	703,833	1839,116	1,839
jul-22	338,043	883,306	0,883	211,485	552,610	0,553	676,236	1767,005	1,767
ago-22	197,533	516,154	0,516	215,650	563,493	0,563	512,070	1338,039	1,338
sep-22	358,232	936,060	0,936	240,448	628,291	0,628	172,273	450,149	0,450
oct-22	380,267	993,638	0,994	50,401	131,698	0,132	799,918	2090,186	2,090
nov-22	472,593	1234,886	1,235	477,345	1247,302	1,247	727,941	1902,110	1,902
dic-22	110,488	288,705	0,289	658,664	1721,089	1,721	351,748	919,118	0,919
ene-23	343,294	897,027	0,897	767,095	2004,419	2,004	305,711	798,823	0,799
Promedio	415,360	1085,335	1,085	493,060	1288,367	1,288	455,713	1190,779	1,191
Total	10383,995	27133,379	27,133	12326,507	32209,163	32,209	11392,834	29769,475	29,769

Ahora bien, debe considerarse también las emisiones producidas por el uso de lubricantes de motor en los camiones estudiados. El Instituto Meteorológico Nacional indica que el uso de lubricantes emite alrededor de 0,5184 kg de CO₂ por cada litro [55]. El camión Canter según mantenimiento y ficha técnica requiere del uso de aproximadamente 6 litros en cada cambio de aceite, al consultar con el señor Luis Mora gerente de logística indica que los cambios de aceite se realizan cada 2 meses a cada uno de los camiones. Esto anterior quiere decir que en un año los camiones requieren de 6 cambios de aceite y por lo tanto aproximadamente 36 litros de aceite. Teniendo estos datos se genera la siguiente tabla.

Tabla 11. Emisiones de CO₂ por el uso de lubricantes anualmente.

Cantidad de litros (l)	Factor emisión (kg CO ₂ /l)	kg CO ₂	Toneladas CO ₂
36	0,5184	18,66	0,0187

Este dato anterior se considera el mismo para cada camión de la flotilla, recordando que es un valor anual, por lo cual para hacer el análisis que va desde enero de 2021 hasta enero de 2023 se tendría que cada camión emitiría dos veces las 0,0187 toneladas de CO₂ dando un resultado de 0,0373 toneladas. En la Tabla 12, se muestran las toneladas de CO₂ emitidas por los camiones Canter de la flotilla actual (individuales diferenciadas por su número de placa) durante el periodo antes mencionado.

Tabla 12. Emisiones de CO₂ acumuladas de los VCI desde enero de 2021 hasta enero de 2023.

Vehículo	Toneladas de CO ₂ por combustible	Toneladas de CO ₂ por lubricantes
CL-294371	27,133	0,0373
CL-299106	32,209	0,0373
CL-299176	29,769	0,0373

A manera comparativa se muestra la Figura 11, donde se tienen gráficamente los datos de la Tabla 12 así como las emisiones que se tuvieran si la flotilla vehicular estuviera propulsada al 100% con electricidad.

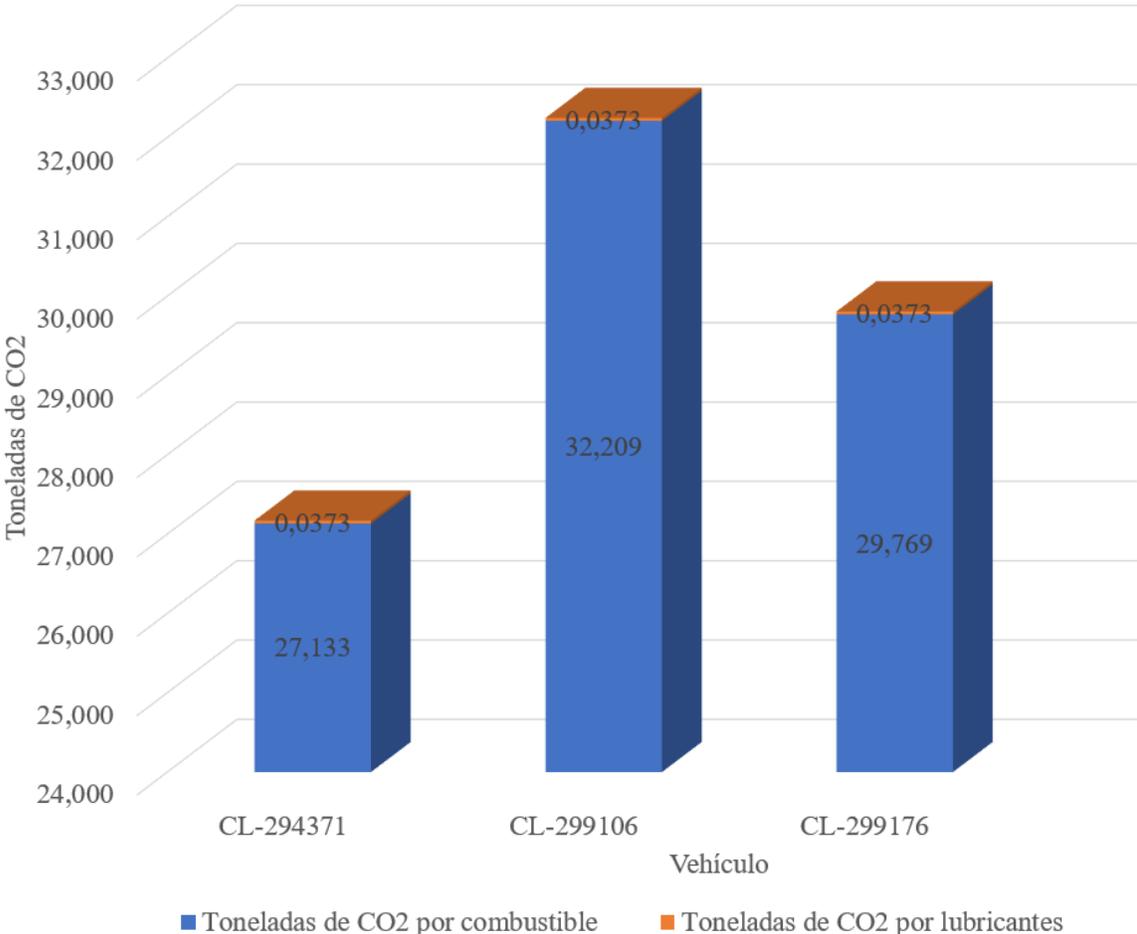


Figura 11. Comparativa de emisiones de CO₂ entre los vehículos actuales.

Es claro que las emisiones provocadas por el uso de lubricantes son prácticamente despreciables con respecto a las emisiones provocadas por el uso de combustibles. También, se aclara que en un vehículo eléctrico estas serían de 0 toneladas de CO₂, debido al no consumo de combustibles fósiles ni uso de aceites lubricantes; aclarando que se están considerando solo los consumibles empleados por el motor de cada vehículo. Debe reiterarse

que puede tomarse de esta manera siempre que la energía utilizada para la recarga de las baterías provenga de un medio no contaminante como lo son las energías limpias y solamente durante la fase de uso u operación del vehículo; ya que su fabricación si emite CO₂ al ambiente al igual que los VCI.

Un aspecto que no puede dejarse de lado es que tanto los vehículos de combustión interna como eléctricos utilizan llantas y la fabricación de estas genera emisiones de CO₂. Todos los camiones estudiados en este documento utilizan cuatro llantas, al consultar en el sector de transportes de Grupo Agroindustrial Tres Jotas S.A. se indica que como plan de mantenimiento de los vehículos de la empresa cada 6 meses se realiza el cambio completo de las llantas, lo cual serían 8 llantas anuales. La Revista Técnica del Medio Ambiente o RETEMA indica que en la fabricación de una llanta para camión se emiten alrededor de 338,8 kg de CO₂. Sabiendo que se requieren para cada camión de 8 llantas las emisiones anuales serian de 2710,4 kg o 2,71 toneladas de CO₂.

Aunque las emisiones de fabricación de los vehículos eléctricos sean mayores que la de los vehículos de combustión interna, esta es compensada y superada por los VCI en la etapa de uso y operación. Tomando como referencia el camión CL-299106 que fue el que más CO₂ por combustible consumido emitió durante el periodo analizado, se tienen los datos de la siguiente tabla.

Tabla 13. Emisiones de CO₂ anuales acumuladas para cada tipo de vehículo.

Año	Emisiones CO ₂ (toneladas)	
	VE	VCI
0	8,00	5,00
1	10,71	23,85
2	13,42	42,70
3	16,13	61,56
4	18,84	80,41
5	21,55	99,26

Se aclara que estos valores son acumulados anualmente considerando las emisiones de CO₂ por combustibles, lubricantes y llantas a partir del año 1. En el caso del año 0 se muestran únicamente las emisiones por fabricación de cada vehículo. Estos datos han sido mostrados claramente de manera individual en el contenido de esta sección. Para poder mostrarlo de una manera más clara se tiene la siguiente figura, donde el grafico superior representa las emisiones totales en un periodo de 5 años y el grafico inferior un acercamiento en el periodo del primer año para poder observar claramente donde se da la intersección entre las curvas de emisiones.

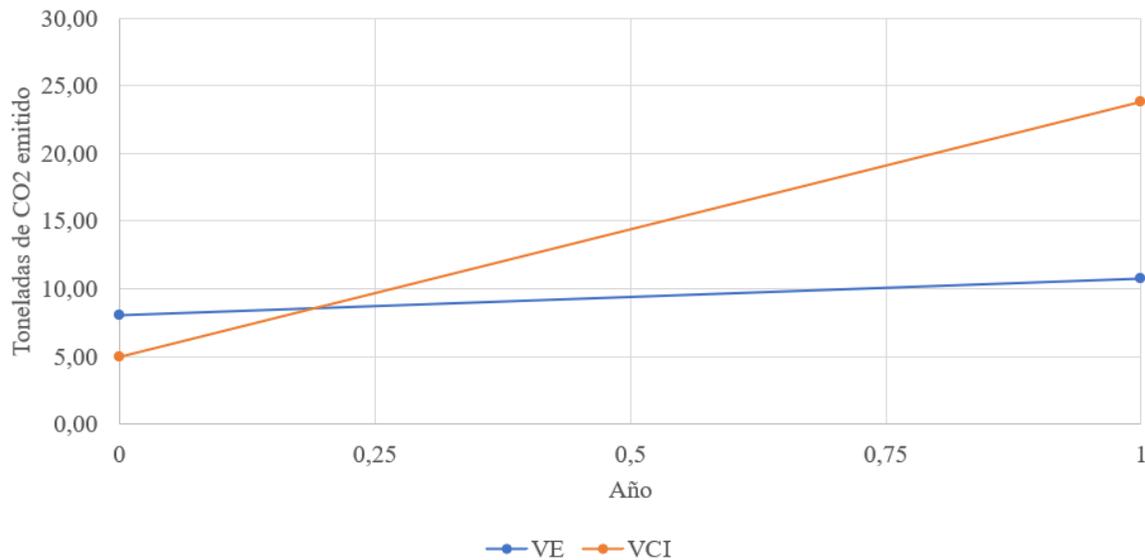
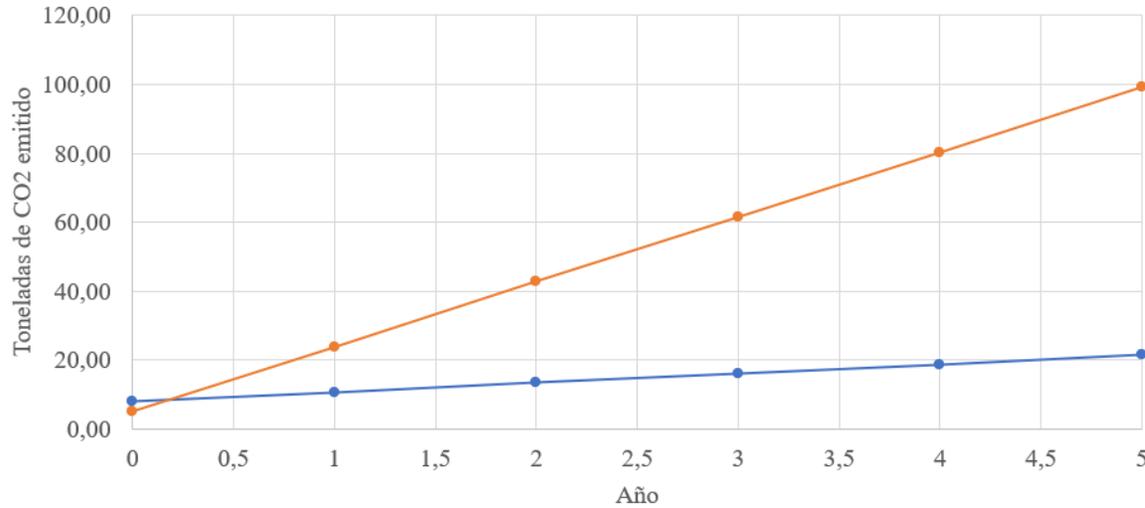


Figura 12. Emisiones de CO₂ acumuladas a través de los años en los vehículos analizados.

Como puede observarse, aunque las emisiones del VE inicien siendo mayores no se requiere ni tres meses o 0,25 años para que el VCI los supere, esto es por el constante consumo de combustibles y lubricantes los cuales son grandes emisores de gases de efecto invernadero.

Capítulo V. Infraestructura Eléctrica Requerida

Inicialmente se aclara que en el desarrollo de este documento se considera la infraestructura eléctrica requerida para la sustitución de la flotilla vehicular desde el sistema o instalación eléctrica requerida, el tipo de cargador a utilizar eventualmente, así como lo relacionado al sistema de refrigeración de la carrocería del camión y si se requieran o no baterías adicionales para la alimentación de este.

6.1. Sistema de Refrigeración de la Carrocería

En el caso de los camiones VCI actuales en la empresa, su carrocería refrigerada funciona de dos maneras distintas. Durante el tiempo que el motor de diésel está en funcionamiento, se acciona un pequeño compresor; muy similar a los utilizados para el aire acondicionado vehicular, mediante una polea colocada al cigüeñal del motor. Este compresor alimenta el sistema de refrigeración y por ende se mantiene frío el interior de la carrocería para el transporte de comestibles. Cuando el motor de diésel se detiene y se procede a guardar el camión en el predio durante la noche, se tiene un enchufe a 220V con el cual se alimenta un motor de inducción monofásico, este motor acciona otro pequeño compresor idéntico al mencionado anteriormente que funciona de manera paralela a este (se aclara que, aunque su conexión sea “en paralelo” al otro compresor estos nunca trabajan al mismo tiempo). Este sistema de motor eléctrico y compresor mantienen refrigerada la carrocería durante todo el estado de reposo del camión. El conector 220V y el motor de inducción se muestran en el Anexo 9. En la Figura 13 se muestra un pequeño diagrama a manera de ilustración del sistema de accionamiento del sistema de refrigeración presente en los camiones.

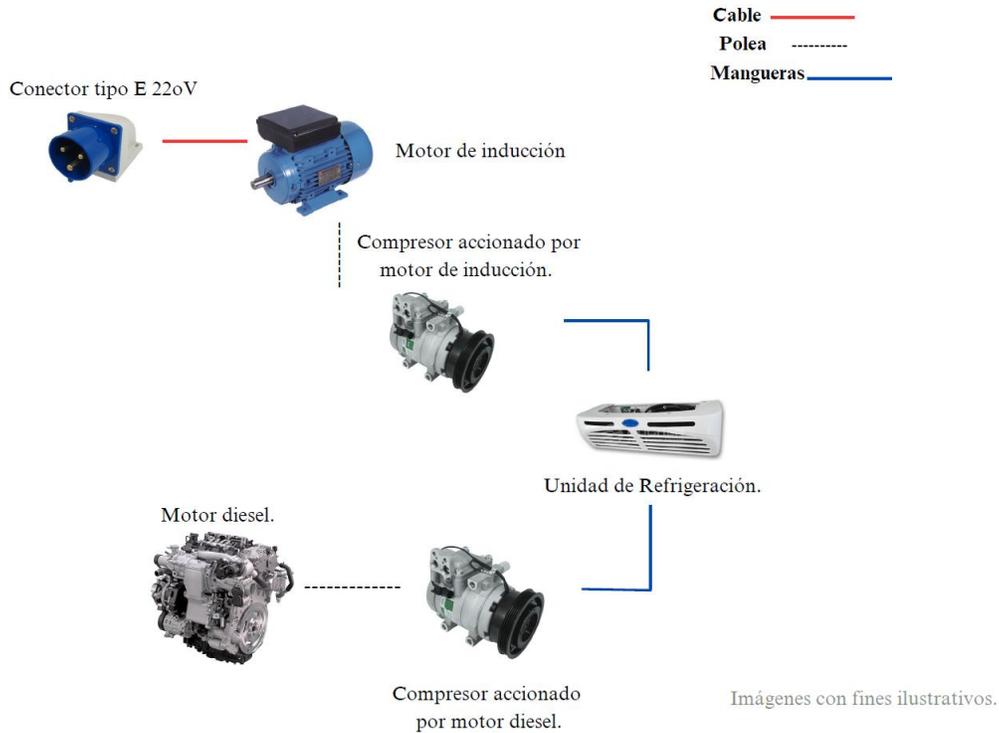


Figura 13. Diagrama del sistema de refrigeración de las carrocerías actuales en la empresa.

En la empresa, los cajones o carrocerías refrigeradas son reutilizadas en nuevos camiones; es decir que al renovar la flota o alguno de los camiones se utiliza la misma carrocería pasándola al nuevo chasis del camión comprado. Esto reduce en gran manera la inversión inicial de una nueva flota con propulsión eléctrica debido a que se pueden reutilizar las actuales carrocerías realizando el ajuste de los soportes mencionados en el Capítulo III.

También, al ya contar con un predio que posee una instalación eléctrica para la alimentación nocturna de dichos sistemas de refrigeración, puede utilizarse el mismo para seguir alimentando estos equipos durante la noche, además de colocar una nueva instalación eléctrica que cumpla con todos los requerimientos normados para la recarga de los vehículos eléctricos en una eventual compra.

6.2. Infraestructura de Recarga Vehicular

Grupo Veinsa indica que los cargadores de los vehículos eléctricos trabajan a una tensión de 220V y viene incluido con el camión al momento de la compra como regalía. En la Tabla 14 se muestran las especificaciones brindadas para el cargador (se aclara que funciona tanto para el camión N801 como para el E200s).

Tabla 14. Especificaciones técnicas del cargador incluido con los camiones.

Voltaje de entrada monofásico (V)	220
Corriente de entrada (A)	35
Potencia de entrada (kW)	7,6
Frecuencia de operación (Hz)	60

Conociendo estos datos, además de indicar que la instalación eléctrica a proponer será para una sustitución total de la flota vehicular; o sea de 10 camiones, puede generarse un esquema o diagrama unifilar de la instalación eléctrica necesaria. Esto principalmente para poder estimar los costos aproximados que tendría esta y poder incluirlo posteriormente en la estructura de costos de los VE como parte de la inversión inicial de adquisición de los vehículos. La memoria de cálculo necesaria para determinar aspectos como calibres de conductores, disyuntores necesarios y tableros se muestran en el Apéndice D, todo basado en el Código Eléctrico del NEC NFPA del año 2017 y cada artículo utilizado se muestra en el Anexo 7.

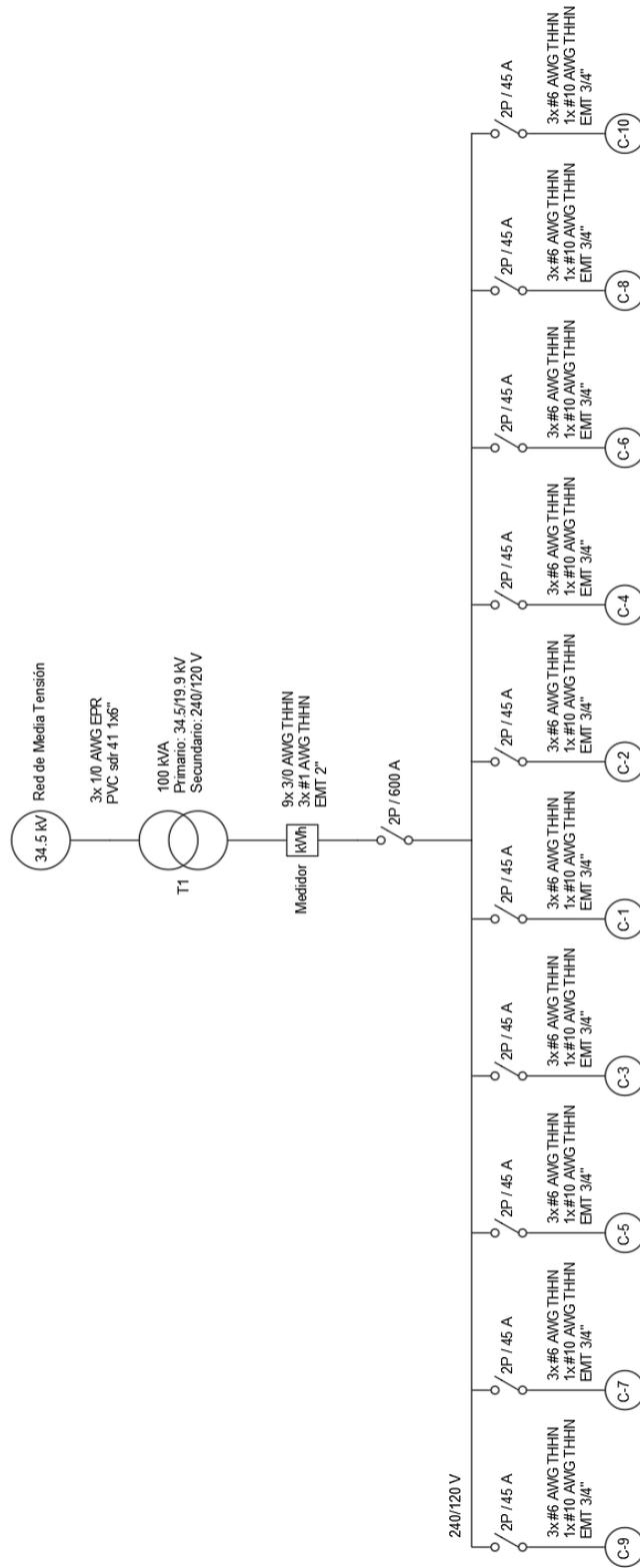


Figura 14. Diagrama unifilar de la infraestructura eléctrica propuesta para 10 vehículos.

Se aclara que para el diseño eléctrico de la infraestructura requerida se tomó un escenario pesimista donde la empresa no cuenta con un transformador y una acometida eléctrica. Esto anterior también por petición de la empresa para tener un control detallado y específico del consumo eléctrico de una eventual sustitución de la flotilla, facilidad en el mantenimiento sin afectar operaciones de la planta de procesamiento de carnes y tener la posibilidad de mejoras y aumento en la cantidad de los cargadores disponibles. Teniendo ya el diagrama unifilar anterior, es posible estimar los costos que conlleva realizar una instalación eléctrica de este tipo de manera aproximada. Se consideran los precios de materiales y honorarios del ingeniero a cargo de la obra; recordando que el cargador viene incluido con el vehículo. Los cálculos necesarios para determinar el costo se muestran en el Apéndice E, en resumen, este se muestra en la siguiente tabla. Se utiliza el tipo de cambio promedio establecido por el Banco Central de Costa Rica para abril que ronda los ₡541 por dólar.

Tabla 15. Costos totales de la infraestructura eléctrica propuesta.

Rubro	Costo total (colones)	Costo total (dólares)
Honorarios ingeniero	₡ 2 197 621,31	\$ 4 062,15
Materiales requeridos	₡ 8 618 122,80	\$ 15 929,99
Total	₡ 10 815 744,11	\$ 19 992,13

6.3. Capacidad de Baterías de Suministro de Energía

También es necesario mencionar que el sistema de refrigeración mostrado en la Figura 13 ya no tendrá una manera “hibrida”; es decir accionada con el motor diésel y con energía eléctrica en el predio, de funcionar. Al tener los camiones VE se deberá sustituir la forma en que se alimenta el sistema de refrigeración en el momento de tránsito del vehículo.

Para esto debe considerarse la cantidad de kilómetros diarios que recorren cada uno de los camiones, al analizar los registros de la empresa se encuentra con que los intervalos mínimos de registro son semanalmente, por lo que se toman los datos desde el 1 de octubre de 2022 hasta el 31 de enero de 2023 semanalmente. Esto se muestra en la Tabla 40 en el Apéndice C. Con esto se puede determinar el kilometraje promedio diario de los camiones; cabe aclarar que se determinó un kilometraje dividiendo los kilómetros totales entre la cantidad de días que son 122 y otro kilometraje dividiendo el promedio entre 7 días laborales, finalmente se determinó un promedio entre estos últimos y es el que se va a tomar como referencia o valor más aproximado. Estos valores se muestran a continuación.

Tabla 16. Kilometraje diario promedio recorrido por la flotilla actual.

Camión	CL-294371	CL-299106	CL-299176
Kilometraje diario (km)	54,51	89,96	80,50

Se toma como valor de referencia el kilometraje del camión placa CL-299106 ya que es el mayor; se redondea a 90 km.

Ahora, debe considerarse que la autonomía reportada en ficha técnica no es el valor total o real que el VE puede recorrer, esto debido a que operan bajo un ciclo NEDC. Estas siglas vienen de su nombre en inglés New European Driving Cycle, el cual es un procedimiento estandarizado de pruebas a vehículos utilizado en Europa y mide eficiencia de combustibles, energía, así como emisiones. Consiste en una fase de arranque en frío del vehículo y otra de conducción urbana, cabe aclarar que se realiza en un banco de pruebas y no en carretera. Es muy criticado debido a su no aplicación en condiciones reales de manejo y esto genera valores de eficiencia, emisiones y autonomía no muy apegadas a la realidad.

Ya que la autonomía y consumo de un vehículo eléctrico depende de condiciones realistas de manejo, se estima que la autonomía real del vehículo se vea reducida en un valor entre 20% y 30% [56]. Para este estudio se tomará un valor intermedio de reducción de un 25% con respecto al valor reportado en ficha técnica. el cual indica que la autonomía es de un 25% menos al valor reportado. Teniendo estos datos y recordando las autonomías correspondientes a cada vehículo mostradas en la Tabla 4, se generan los datos de la siguiente tabla.

Tabla 17. Autonomía real considerando el ciclo NEDC de los VE.

Camión	Autonomía reportada (km)	Factor NEDC	Autonomía real (km)
E200S	295	25%	221,25
N801	160		120,00

Debe determinarse el consumo diario del motor eléctrico al momento de circular con el camión, se toma como tiempo de uso diario la jornada laboral de la empresa que va de 8 de la mañana a 5 de la tarde con una hora de descanso. Esto para saber si la batería del VE podría soportar la alimentación de dicho motor mediante un inversor. La eficiencia de un inversor va desde un 90% hasta un 94% teóricamente, de manera practica se tiene eficiencias muy lineales y cercanas al 90% [57], por lo cual se tomará que el consumo del motor tendrá un incremento del inverso de la eficiencia del 90%, es decir un aumento de alrededor del 11% en el consumo total. Observando los datos de la Figura 25, puede determinarse el consumo por hora de este para aplicarle el factor por eficiencia del inversor y luego multiplicarlo por las horas diarias de uso para después sumarlo al consumo diario del VE en sí, esto determina si se requiere el uso de baterías adicionales o no. A continuación, se muestra una tabla con el consumo del motor eléctrico diariamente.

Tabla 18. Consumo de energía diario del motor de inducción del sistema de refrigeración.

Elemento	Motor inducción
Consumo por hora (kW)	2,2
Factor Eficiencia Inversor (+11%)	2,44
Horas de uso diario (h)	8
Consumo diario (kWh/día)	19,54

Para determinar el consumo energético de los camiones se debe conocer el rango de consumo de estos en kWh por cada km:

$$\text{Consumo} \left(\frac{kWh}{km} \right) = \frac{\text{Capacidad de batería (kWh)}}{\text{Autonomía (km)}} \quad (\text{Ecuación 5})$$

$$\text{Con la Consumo} \left(\frac{kWh}{km} \right) = \frac{\text{Capacidad de batería (kWh)}}{\text{Autonomía (km)}} \quad (\text{Ecuación 5,}$$

recordando valores de consumo mostrados en la Tabla 4 y el valor de autonomía considerando la reducción del ciclo NEDC mostrado en la Tabla 17, se puede obtener la información de la siguiente tabla.

Tabla 19. Consumos energéticos de los camiones VE analizados.

Camión	Capacidad de Batería (kWh)	Autonomía (km)	Consumo promedio (kWh/km)
E200S	66,8	221,25	0,302
N801	81,1	120,00	0,676

Con los datos de la tabla anterior se tiene la siguiente información.

Tabla 20. Consumo de energía diario del motor del VE.

Vehículo	E200S	N801
Kilometraje diario promedio (km)	90	
Consumo energético promedio (kWh/km)	0,302	0,676
Energía diaria consumida (kWh)	27,18	60,84

Tabla 21. Consumo de energía diario para que el camión circule y refrigere la carga.

Elemento	Consumo diario (kWh)	
	E200S	N801
Motor inducción	19,54	
Motor VE	27,18	60,84
Total	46,72	80,38
Capacidad de batería	66,8	81,1
Energía restante	20,08	0,72
Cubre el consumo	Si	Si

Como puede observarse en la Tabla 21, la batería con la que viene equipada el camión VE puede abastecer tanto al motor del VE en sí como al sistema de refrigeración de este. Esto reduce en gran medida la inversión inicial ya que no es necesario el equipar al vehículo con un paquete de baterías adicional, además puede observarse en la misma tabla que para el VE E200S se tiene un considerable margen de energía restante la cual da oportunidad de mover el vehículo una mayor cantidad de kilómetros en el día sin preocuparse por quedarse sin energía eléctrica en ruta; en el caso del N801 queda un pequeño margen pero de igual manera permite alimentar al motor de inducción y recorrer los kilómetros requeridos diariamente. De igual manera el sistema de refrigeración se continúa conectando a la red eléctrica del predio de manera nocturna y puede enchufarse el camión VE al cargador de batería para volver a llevarlo a un 100% cada noche, ya que tendría desde las 5 de la tarde hasta las 8 de la mañana del día siguiente y el tiempo de recarga total de las baterías está dentro de este rango.

Como ya se logró comprobar la capacidad de la batería para alimentar el sistema de refrigeración se vuelve a mencionar que para poder accionarlo se requiere del uso de un

inversor o conversor, debido a que la batería del VE tiene un rango de voltaje que va de los 350 V a los 400 V, además de que esta es en corriente directa o DC y para el motor funcionar se requiere un voltaje de 220 V en corriente alterna o AC. Este dispositivo viene a ser un costo agregado al costo de adquisición o inversión inicial para la compra de los camiones VE, por lo cual se considerará en el siguiente capítulo. Su precio, así como sus características; las cuales ya fueron mencionadas, se muestran en la Figura 18 en el Anexo 8.

Capítulo VI. Análisis de Costo del Ciclo de Vida Útil

Para poder comparar los costos asociados a los vehículos tanto eléctricos como de combustión interna se procede a realizar un análisis de costo de ciclo de vida útil o LCCA para cada uno de ellos. Se analiza desde el valor de adquisición, operación, mantenimiento y descarte de los vehículos, esto dependiendo del vehículo; por ejemplo para los vehículos de la flotilla actual se contabilizan sus gastos asociados a la operación y mantenimiento, así como su valor de descarte al día de hoy mientras que para los vehículos nuevos posibles candidatos para la sustitución (tanto de combustión como eléctricos) se considera su adquisición y elementos necesarios para su puesta en funcionamiento así como sus costos operativos y de mantenimiento.

Como en la empresa se utilizan los camiones entre 5 y 6 años antes de ser sustituidos, la proyección en la estructura de costos se debería realizar en un periodo de 6 años; pero se aclara que se realizará un análisis a un periodo de 10 años debido a que los camiones podrían empezar a ser rentables a una mayor cantidad de años además de que la Normativa de Valoración, Renovación, Depreciación de la Propiedad, Planta y Equipo indica que el periodo de ciclo de vida de un vehículo de carga liviana es de 10 años y el Decreto No. 41997-H indica que el factor de depreciación para este periodo de tiempo es de aproximadamente un 0,457478 con respecto al precio de compra. También se tomará el dato de inflación interanual arrojado del Índice de Precios al Consumidor o IPC a febrero de 2023 presentado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos INEC que es de un 5,58%.

Además, para determinar la tasa de descuento a utilizar para el análisis financiero se tomará la tasa de descuento valorada por el Banco de Costa Rica BCCR que es de un 8,6%, del Banco Popular de un 5,05% y de Coopealianza de un 10,3% a día de hoy. Se tomará el

valor más alto de estos, siendo el de Coopealianza como referencia para determinar los flujos netos descontados y conocer el valor actual de los flujos futuros. Se utiliza el tipo de cambio promedio establecido por el Banco Central de Costa Rica para abril que ronda los ₡541 por dólar.

6.1. Estructura de costos para los camiones actuales de combustión interna

Primeramente, debe recalcar que el estudio se realiza con 3 de los 10 vehículos Canter presentes en la empresa, su selección se realizó basándose en los que habían acumulado un mayor kilometraje mensual en un periodo que va desde enero de 2021 hasta enero de 2023, o sea los más representativos. Se identifican con su número de placa, teniendo el “CL-294371“, “CL-299106“y “CL-299176“.

Fase de operación

En cuestión de operación de los vehículos actuales de la empresa que corresponden a los camiones Mitsubishi Canter Fuso 2017 se consideran como costos los asociados al combustible consumido, dejando de lado salarios a conductores. Los datos mes a mes del consumo de cada uno de los vehículos se muestran en el Apéndice F, a continuación, se muestran los datos obtenidos del consumo por año.

Tabla 22. Gasto de operación por uso de combustible anual de los VCI actuales.

Camión	Periodo	Costo operación (dólares)
CL-294371	ene-21 a dic-21	\$ 5 673,65
	ene-22 a ene-23	\$ 5 428,05
CL-299106	ene-21 a dic-21	\$ 7 594,74
	ene-22 a ene-23	\$ 5 414,08
CL-299176	ene-21 a dic-21	\$ 4 667,77
	ene-22 a ene-23	\$ 8 421,67

Fase de Mantenimiento

Para cada uno de los camiones de carga liviana de la empresa se sigue el mismo plan de mantenimiento, en la Tabla 23 se muestra cada uno de los gastos realizados por la empresa en el mantenimiento de los camiones, así como la periodicidad de estos tanto en colones como en dólares. Cabe mencionar que se tomó un valor promedio en el tipo de cambio del dólar para los últimos dos años que son el periodo de estudio de esta investigación el cual fue de 1 dólar equivale a 628,81 colones.

Tabla 23. Gastos de mantenimiento en cada uno de los camiones Canter actuales.

Rubro	Periodicidad	Precio (colones)	Precio (dólares)
Aceite	cada 2 meses	₡ 30 600,00	\$ 48,66
Filtros		₡ 25 000,00	\$ 39,76
Engrase		₡ 10 000,00	\$ 15,90
Mano de obra		₡ 30 000,00	\$ 47,71
Frenos	cada 8 meses	₡250 000,00	\$397,58
Llantas	cada 6 meses	₡360 000,00	\$572,51

Como se observa en la tabla anterior, se muestra la periodicidad con la que se realizan ciertos tipos de mantenimiento. El mantenimiento preventivo corresponde a cambio de aceite, filtros, engrase y mano de obra los cuales anualmente se realizan 6 veces, lo que equivale a un monto de \$ 912,18. El mantenimiento correctivo corresponde al cambio de llantas y frenos, las llantas se cambian 2 veces por año y los frenos 1,5 veces lo cual corresponde a \$ 1741,39.

Resumen de costos de la flotilla actual

Como se analizaron los datos en un período de dos años, se muestra en la Tabla 24 los costos asociados a los camiones actuales por año tanto en operación como en mantenimiento.

Tabla 24. Costos totales de la flotilla actual.

Camión	Periodo	Operación	Mantenimiento		Total
			Preventivo	Correctivo	
CL-294371	ene-21 a dic-21	\$ 5 673,65	\$ 912,18	\$ 1 741,39	\$ 8 327,22
	ene-22 a ene-23	\$ 5 428,05	\$ 912,18	\$ 1 741,39	\$ 8 081,62
CL-299106	ene-21 a dic-21	\$ 7 594,74	\$ 912,18	\$ 1 741,39	\$ 10 248,31
	ene-22 a ene-23	\$ 5 414,08	\$ 912,18	\$ 1 741,39	\$ 8 067,65
CL-299176	ene-21 a dic-21	\$ 4 667,77	\$ 912,18	\$ 1 741,39	\$ 7 321,34
	ene-22 a ene-23	\$ 8 421,67	\$ 912,18	\$ 1 741,39	\$ 11 075,24

En promedio, los camiones actuales tienen un costo para la empresa de \$8 853,56 por año. Cabe señalar que con los datos de la Tabla 23 se obtuvieron los gastos por año en mantenimiento de cada vehículo dependiendo del periodo entre tipo de mantenimiento.

6.2. Estructura de costos para la adquisición de camiones de combustión interna

Fase de Adquisición

En esta fase para el camión VCI, los costos iniciales vienen a ser el valor neto de nuevo vehículo. Se opta por adquirir un camión del mismo tipo, modelo y marca que el actual; claramente completamente nuevo. El costo del camión Mitsubishi Canter Fuso FE71 2023 se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 25. Costo de adquisición de un nuevo VCI.

Camión	Precio (colones)	Precio (dólares)
Canter FE71 2023	₡13 278 032,07	\$ 24 900,00

Fase de Operación

En esta fase se consideran los gastos asociados al consumo de combustibles, así como la inspección técnica vehicular realizada en DEKRA y el derecho de circulación del INS.

En el caso de la tarifa establecida para la inspección técnica en DEKRA se tiene que para un vehículo con peso menor a las 3,5 toneladas su costo sería de ₡7156 más IVA, lo cual equivale a \$13,44. Se aclara que esta tarifa fue establecida con la resolución RE-0101-IT-2022, publicada en el Alcance N° 225 a La Gaceta N° 200 del 20 de octubre del 2022 y que este gasto se realiza una vez al año.

Para el derecho de circulación; como lo indica la legislación costarricense, se compone por aspectos como impuesto a la propiedad del vehículo que corresponde a un 34,4% del marchamo aproximadamente y el 65,6% restante corresponde al Obligatorio de Automóviles o SOA, CONAVI, timbres e IFA entre otros. Como a la fecha no puede tenerse un valor aproximado del total del pago de marchamo, se tomará como valor total el mismo marchamo que se pagó en la empresa para el periodo actual 2023 para los camiones Canter actuales fue de ₡290969 lo que equivale a unos \$544,90. Se aclara que el derecho de circulación al estar asociado al valor fiscal de cada vehículo, este irá en disminución con el pasar de los años; aunque esto realmente no suceda tan apegado a lo anterior se tomará la misma tasa de inflación interanual mencionada anteriormente para en este caso “devaluar” el costo del marchamo (Sólo realizado en este rubro, todos los demás costos aumentarán anualmente con esta tasa de inflación).

Para calcular los costos asociados a la operación de los camiones nuevos VCI se toman los 30000 km que recorren en promedio los camiones actuales VCI anualmente y su valor de consumo promedio en l/km, esto brinda la cantidad de litros que consumirá cada vehículo y permite poner estos datos en términos monetarios tanto en dólares como colones. En la Tabla 26 se muestran los costos asociados a la operación.

Tabla 26. Costos de operación de los vehículos de combustión nuevos.

Vehículo	Canter 2023
Kilometraje anual promedio (km)	30000
Consumo diésel promedio (l/km)	0,190
Diésel anual consumido (l)	5700,00
Precio diésel por litro	¢750 (\$1,41)
Costo anual (colones)	¢4 275 000,00
Costo anual (dólares)	\$ 8 037,00

Fase de Mantenimiento

En cuanto a los costos asociados al mantenimiento, al ser un vehículo VCI igual que los actuales, teniendo misma cilindrada, capacidad de carga, entre otros, además de que se asume que su uso en carretera será el mismo en kilómetros, se afirma que los gastos serán iguales en mantenimiento correctivo; también en preventivo, pero al ser un vehículo nuevo al reunirse con la agencia Veinsa se indicó que existen planes de mantenimiento preventivo que incluyen cambio de aceite, filtros, rotación de llantas, alineado, balanceo, ajuste de frenos y se realiza cada 10000 km por un precio de \$400. Se recuerda que al vehículo ser utilizado en promedio 30000 km al año este mantenimiento se realizará 3 veces al año y equivaldría a \$1200. Haciendo referencia a lo mostrado en la Tabla 23 y Tabla 24, así como a la información anterior se tienen los datos de la siguiente tabla.

Tabla 27. Costos de mantenimiento de los VCI nuevos.

Camión	Mantenimiento		Total
	Preventivo	Correctivo	
Canter FE71 2023	\$ 1200,00	\$ 1 741,39	\$ 2 941,39

Fase de Disposición Final o Descarte

Se tomará un periodo de 10 años, entonces considerando el precio de compra del vehículo ya mencionado y el factor de depreciación de 0,457478 antes mencionado se tiene el precio de venta mostrado en la siguiente tabla.

Tabla 28. Precio de venta o descarte del camión Canter 2023.

Vehículo	Precio compra (colones)	Precio compra (dólares)	Precio venta (colones)	Precio venta (dólares)
Canter 2023	₡13 278 032,07	\$ 24 900,00	₡6 074 407,56	\$ 11 391,20

6.3. Estructura de costos para la adquisición de camiones eléctricos

Fase de Adquisición

En esta fase deben considerarse todos los costos o la inversión inicial necesaria para la compra del camión, esto incluye al vehículo en sí, así como toda la infraestructura eléctrica requerida. El costo de los camiones se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 29. Costos de adquisición de los camiones eléctricos.

Camión	Precio (colones)	Precio (dólares)
Farizon E200S	₡23 890 993,66	\$ 44 900,00
JMC N801	₡31 872 394,66	\$ 59 900,00

Cabe aclarar que en cualquiera de los dos vehículos analizados debe considerarse el costo de la infraestructura eléctrica requerida que es de \$ 19 992,13. Este costo incluye las 10 estaciones de carga para la sustitución completa de la flotilla, por lo que al analizar la compra de 10 camiones esta ya no debe sumarse porque ya está considerada. En la sección que menciona la Capacidad de Baterías de Suministro de Energía se evidenció que los camiones pueden suplir diariamente con los kilómetros de recorrido requeridos y con la demanda de energía del sistema de refrigeración, por lo cual no se requieren de baterías adicionales, pero si de un inversor el cual su precio se muestra en la Figura 18 en el Anexo

8. También, como costo de adquisición se considera el costo para realizar la infraestructura eléctrica requerida, el cual se muestra en la Tabla 15.

Fase de Operación

En esta fase se consideran los costos asociados al uso diario del vehículo en el tema de consumo energético; en este caso electricidad, así como los gastos de la revisión técnica en DEKRA, así como el pago del marchamo o derecho de circulación en el INS.

En el caso de la tarifa establecida para la inspección técnica en DEKRA se tiene que para un vehículo con peso menor a las 3,5 toneladas su costo sería de ₡7156 más IVA, lo cual equivale a \$13,44. Se aclara que esta tarifa fue establecida con la resolución RE-0101-IT-2022, publicada en el Alcance N° 225 a La Gaceta N° 200 del 20 de octubre del 2022 y que este gasto se realiza una vez al año.

Para el derecho de circulación; como lo indica la legislación costarricense, se compone por aspectos como impuesto a la propiedad del vehículo que corresponde a un 34,4% del marchamo aproximadamente y el 65,6% restante corresponde al Obligatorio de Automóviles o SOA, CONAVI, timbres e IFA entre otros. Según la Ley No. 10209 de Incentivos y Promoción para el Transporte Eléctrico, en su artículo 13 se indica que a este tipo de vehículos se le exonera el impuesto a la propiedad de vehículos; mencionado anteriormente, por un plazo de 5 años. Esta exoneración no es total, sino que varía en porcentaje; es decir, el primer año se tiene una exoneración del 100%, el segundo año del 80% y así sucesivamente en disminuciones de un 20% cada año hasta llegar en el sexto año a no ser exonerado y deber cancelar el valor total del impuesto más los otros cargos. Como a la fecha no puede tenerse un valor aproximado del total del pago de marchamo, se tomará como valor de referencia el mismo marchamo que se pagó en la empresa para el periodo

actual 2023 para los camiones Canter actuales, el cual fue de ₡290969 lo que equivale a unos \$544,90 y se calcula el porcentaje que este costo representa en el costo de adquisición del nuevo camión VCI. Teniendo este porcentaje se procede a asumir que los nuevos camiones VE pagarán ese porcentaje de su costo de adquisición como marchamo. Esto se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 30. Estimación de costo de marchamo para los camiones VE.

Vehículo	Costo de adquisición (dólares)	Costo de marchamo referencia (dólares)	Porcentaje que representa	Costo marchamo estimado (dólares)
Canter FE71	\$24 900,00	\$ 544,90	2,19%	\$ 544,90
E200S	\$44 900,00	-		\$ 982,57
N801	\$59 900,00	-		\$ 1 310,82

Se muestra en la siguiente ecuación como se obtuvo el valor estimado del costo del marchamo para los nuevos VE.

$$\text{Costo estimado marchamo (dólares)} = \text{Costo adquisición (dólares)} * \text{Porcentaje que representa}(\%)$$

(Ecuación 6)

También, se debe indicar que se asume que a partir del sexto año donde los camiones VE inician con un pago total del marchamo o sin exoneración se empieza a aplicar la depreciación del valor del marchamo como se realizó también para los nuevos camiones VCI.

La tarifa eléctrica que en este caso es del ICE y se tiene una tarifa T-IN que corresponde a una tarifa inicial, que hoy en día tiene un costo para consumos mayores a 3000 kWh de ₡66,37 por cada kWh, lo cual corresponde a \$0,12, también recordando el dato de

consumo en kWh/km mostrado en la Tabla 19. Se aclara que para la realización de este estudio se asume que los vehículos van a recorrer en promedio el mismo kilometraje que recorrieron los camiones VCI actuales de la empresa en los periodos antes estudiados, se tomará como valor de referencia al vehículo CL-299106; ya que es lo que en promedio recorre más km, siendo este valor de 2499,4 km por mes, los cuales vendrían a ser unos 30000 km al año aproximadamente (el análisis se va a realizar con este valor tanto para los nuevos VE como para un nuevo VCI).

Viendo los resultados de la Tabla 19 y aplicando la *Energía anual (kWh) = Kilometraje anual (km) * Consumo energético $\left(\frac{kWh}{km}\right)$* (Ecuación 7, se obtienen los datos mostrados en la Tabla 31.

$$Energía\ anual\ (kWh) = Kilometraje\ anual\ (km) * Consumo\ energético\ \left(\frac{kWh}{km}\right) \quad (Ecuación\ 7)$$

Tabla 31. Costos energéticos para un VE de los modelos analizados.

Vehículo	E200S	N801
Kilometraje anual promedio (km)	30000	
Consumo energético promedio (kWh/km)	0,302	0,676
Energía anual consumida (kWh)	9060,00	20280,00
Precio energía (kWh)	¢66,37 (\$0,12)	
Costo anual (colones)	¢601 312,20	¢1 345 983,60
Costo anual (dólares)	\$ 1 087,20	\$ 2 433,60

Fase de Mantenimiento

En cuanto a gastos de mantenimiento, el mantenimiento correctivo del vehículo viene a considerarse igual al de la flotilla actual, mostrados en la Tabla 23, en los rubros de llantas

y frenos. Esto anterior se asume se va a realizar con la misma frecuencia y tendrán el mismo costo a los camiones VCI actuales.

Para lo referente al mantenimiento preventivo se tiene la oferta realizada por parte de Grupo Veinsa, el señor Rubén Moya indicó que al ser un camión nuevo se ofrecen paquetes de mantenimiento preventivo muy similares a los ya mencionados para los camiones VCI, pero por un costo 60% menor, lo cual equivale a \$160 y se realiza de igual manera cada 10000km. Por lo cual este mantenimiento asumiendo que se recorren 30000km al año se realiza tres veces. A manera de resumen de los gastos de mantenimiento se muestra la Tabla 32 donde se incluyen tanto el preventivo como el correctivo por año de uso.

Tabla 32. Costos de mantenimiento de los VE nuevos.

Camión	Mantenimiento		Total
	Preventivo	Correctivo	
E200S, N801	\$ 480,00	\$ 1 741,39	\$ 2 221,39

Fase de Disposición Final o Descarte

Se tomará un periodo de 10 años, entonces considerando el precio de compra del vehículo ya mencionado y el factor de depreciación de 0,457478 antes mencionado se tiene el precio de venta mostrado en la siguiente tabla.

Tabla 33. Precio de venta de los camiones VE nuevos analizados.

Vehículo	Precio compra (colones)	Precio compra (dólares)	Precio venta (colones)	Precio venta (dólares)
E200S	¢23 890 993,66	\$ 44 900,00	¢10 929 604,00	\$ 20 540,76
N801	¢31 872 394,66	\$ 59 900,00	¢14 580 919,36	\$ 27 402,93

6.4. Resultado del Análisis del Costo de Ciclo de Vida Útil de los vehículos analizados

Con cada una de las fases mostradas anteriormente sobre el ciclo de vida tanto de los camiones VE como VCI se procede a generar una detallada estructura de costos de cada uno de los camiones, lo anterior se muestra en el Apéndice G. En la siguiente tabla se muestran resumidos estos resultados con el fin de simplificar su comparación.

Tabla 34. Costo de ciclo de vida de cada vehículo.

Vehículo	Costo de adquisición (dólares)	Costo de operación (dólares)	Costo de mantenimiento (dólares)	Descarte final (dólares)	Costo ciclo de vida (dólares)	Costo por km recorrido (dólares)
Canter FE71 2023	\$ 24 900,00	\$ 108 307,07	\$ 38 013,59	\$ 11 391,20	\$ 105 830,51	\$ 0,35
Farizon E200S 2023	\$ 65 000,03	\$ 20 583,79	\$ 28 708,54	\$ 20 540,76	\$ 85 608,62	\$ 0,29
JMC N801 2023	\$ 80 000,03	\$ 40 108,76	\$ 28 708,54	\$ 27 402,93	\$ 109 269,15	\$ 0,36
Canter 2017	\$ -	\$ 113 278,43	\$ 34 293,90	\$ -	\$ -	\$ -

Puede observarse en la Tabla 34 que se tienen los datos tanto para los camiones nuevos como para los camiones de la flotilla actual, esto con el fin de poder comparar estos últimos en aspectos de mantenimiento y operación. Aunque los camiones VE tengan un mayor costo de adquisición que el camión VCI puede observarse que sus costos tanto de operación como de mantenimiento son considerablemente menores; principalmente en la operación.

El dato de mayor importancia es el costo por kilómetro recorrido en cada uno de los

vehículos, como se observa el vehículo que tiene un mayor costo es el JMC N801 con \$0,36, seguido del Canter FE71 con \$0,35 y finalmente el E200S con \$0,29. En este punto es importante recordar que en el costo de adquisición de cada VE individual se incluyó el costo total de la instalación eléctrica para los 10 camiones. Esto debido a que así sea un solo vehículo se requiere de una instalación eléctrica y se debe considerar una eventual sustitución de toda la flotilla de los 10 camiones. Para poder comparar los costos de ciclo de vida entre los camiones de una manera más equitativa se procede a considerar los costos para los 10 camiones que se requiere sustituir, pero tomando en cuenta que el costo de la instalación total ya está considerado en un vehículo y no debe sumarse a los 9 camiones restantes (el inversor si se debe mantener para cada camión). En la siguiente tabla se muestra el costo de ciclo de vida para la flotilla completa de 10 camiones.

Tabla 35. Costo de ciclo de vida de toda la flotilla de 10 camiones.

Vehículo	Costo ciclo de vida individual (dólares)	Cantidad	Costo ciclo de vida flotilla completa (dólares)	Costo por km recorrido (dólares)
Canter FE71 2023	\$ 105 830,51	10	\$ 1 058 305,10	\$ 0,35
Farizon E200S 2023	\$ 85 608,62	10 (restar instalación eléctrica de 9)	\$ 676 157,03	\$ 0,23
JMC N801 2023	\$ 109 269,15		\$ 912 762,33	\$ 0,30

Como se observa, teniendo el costo de ciclo de vida de la flotilla vehicular completa de 10 camiones, el costo por kilómetro recorrido para los camiones VE se ve disminuido, mientras que en el camión VCI se mantiene. Esto se debe al ajuste por la instalación eléctrica antes mencionado. En ambos VE se vio reducido este costo en \$0,06 por cada kilómetro,

teniendo así que el vehículo más rentable sigue siendo el Farizon E200S, pero esta vez seguido por el JMC N801, dejando en último puesto al Canter FE71.

Volviendo a los costos de operación mostrados en la Tabla 34, se evidencia que los VE tienen un costo muy por debajo del costo del camión VCI. Se debe recordar que en este rubro el costo por inspección técnica en Dekra es el mismo para todos los vehículos y el derecho de circulación es incluso mayor en los VE debido a su mayor valor fiscal. La principal diferencia se encuentra en los costos de la energía requerida por cada vehículo ya que el VE al ser impulsado por energía eléctrica tiene un menor costo debido a que en Costa Rica esta tiene un bajo precio debido a aspectos como fuente de producción entre otros, con respecto al costo del combustible diésel que es muy susceptible a cambios en su precio por motivos el tipo de cambio, impuestos, y en los últimos años se ha encontrado en un constante aumento (datos que pueden observarse en el Apéndice F).

En el apartado de mantenimiento, este sigue siendo más bajo en los VE debido a que estos no requieren el uso de aceites de motor y transmisión, así como filtros de aire, combustible y aceite los cuales tienen un considerable precio en el mercado. También, puede mencionarse que, aunque se consideraran los cambios tanto de llantas como de frenos iguales para cada tipo de camión en los VE el cambio de frenos es menos frecuente debido a su menor uso y al frenado regenerativo con el que cuentan este tipo de vehículos.

El vehículo con mayor rentabilidad al final de los 10 años es el Farizon E200S, ya que con respecto al Canter FE71 se tiene un gasto de \$382 148,07 menor en toda la flotilla vehicular. En el caso del camión JMC N801 se tendría un gasto de \$145 542,77 menor en toda la flotilla que teniendo camiones Canter FE71. Se recuerda que estos gastos son considerando todo el costo de ciclo de vida.

Debe mencionarse que, aunque la rentabilidad de ambos VE sea mucho mayor que la del camión VCI y se tengan otros pro también cada uno tiene sus contras. El E200S, como ya se mencionó anteriormente, tiene una capacidad de carga ligeramente menor que los camiones de la flotilla actual; esto puede solucionarse realizando un estudio de pesos de cargas transportados así como las ventas de los productos y optimizar las cargas diarias para disminuir ligeramente sus pesos y no sobrecargar el camión o simplemente llevar un registro de los pesos aproximados diarios de carga para determinar específicamente la capacidad de carga requerida por los camiones. Una ventaja de este es su amplio margen de capacidad de la batería, que como se demostró en la Tabla 19 suple tanto el motor del sistema de refrigeración como el del vehículo. En el caso del N801, su capacidad de carga está muy por encima de lo requerido, pero su contra es el poco margen de capacidad de la batería para suministrarle al motor del vehículo y del sistema de refrigeración, que, aunque si lo puede hacer su energía restante es muy escasa. Esto anterior se puede solucionar con una mejor planificación de las rutas, así como un mejor manejo y planificación de las recargas de las baterías. En conclusión, el camión óptimo para la sustitución total de la flotilla con todos sus pros y contras es el Farizon E200S.

6.5. Análisis de sensibilidad con eventual daño al paquete de baterías

Es de suma importancia analizar el qué sucedería en el eventual caso de una falla a los camiones eléctricos, principalmente un fallo en su paquete de baterías el cual es un componente que en los VCI no se encuentra. Como ya se mencionó anteriormente, la batería de un VE es un componente muy costoso de producir en cuanto a materiales y energía, así como un gran emisor de GEI. En un estudio realizado por KIA Corporation se menciona que

el precio de las baterías de litio en el 2010 tenía un costo aproximado de \$ 1000 por kWh, actualmente han tenido una reducción de casi un 87% llegando a costar \$ 156 por kWh. Se espera que para el año 2030 su costo llegue incluso a los \$ 73 por kWh [58].

Para este análisis de sensibilidad se tomará el costo de \$ 156 por kWh, determinando el costo del paquete de baterías para cada camión estudiado con su respectiva capacidad mostrada en la Tabla 4. Con estos datos se tiene la siguiente tabla.

Tabla 36. Costo aproximado de sustitución de las baterías en los camiones E200S y N801.

Camión	E200S	N801
Capacidad de batería (kWh)	66,80	81,10
Precio por kWh (dólares)	\$ 156,00	
Costo de batería (dólares)	\$10 420,80	\$12 651,60

Se genera nuevamente una estructura de costos con el único cambio que en la etapa de mantenimiento se agrega el costo por cambio de baterías. Se asume que este costo se realiza en el quinto año de uso, o sea a medio ciclo de vida analizado. También, se toma que este cambio se realiza en todos los camiones una vez. La estructura de costos sensibilizada se muestra en el Apéndice G en las Tabla 59 y Tabla 60 para el camión E200S y N801 respectivamente. Con los datos proporcionados por las estructuras de costo se tiene la siguiente información.

Tabla 37. Costo de ciclo de vida ajustado con fallo de baterías.

Vehículo	Costo de adquisición (dólares)	Costo de operación (dólares)	Costo de mantenimiento (dólares)	Descarte final (dólares)	Costo ciclo de vida (dólares)	Costo por km recorrido (dólares)
Canter FE71 2023	\$ 24 900,00	\$ 108 307,07	\$ 38 013,59	\$11 391,20	\$105 830,51	\$ 0,35
Farizon E200S 2023	\$ 65 000,03	\$ 20 583,79	\$ 39 129,34	\$20 540,76	\$ 91 991,60	\$ 0,31
JMC N801 2023	\$ 80 000,03	\$ 40 108,76	\$ 41 360,14	\$27 402,93	\$117 018,55	\$ 0,39
Canter 2017	\$ -	\$ 113 278,43	\$ 34 293,90	\$ -	\$ -	\$ -

Observando los datos de la tabla anterior se tiene que el vehículo con menor costo por km recorrido sigue siendo el Farizon E200S con \$ 0,31, seguido por el Canter con \$ 0,35. Cabe aclarar que en este análisis nuevamente se considera todo el costo de la instalación eléctrica para recarga de las baterías en un solo camión, por lo cual debe ajustarse calculando el costo por km para la flotilla completa de 10 camiones. Esto se ve reflejado en la siguiente tabla.

Tabla 38. Costo de ciclo de vida de la flotilla completa de 10 camiones con ajuste por daño de baterías.

Vehículo	Costo ciclo de vida individual (dólares)	Cantidad	Costo ciclo de vida flotilla completa (dólares)	Costo por km recorrido (dólares)
Canter FE71 2023	\$105 830,51	10	\$ 1 058 305,10	\$ 0,35
Farizon E200S 2023	\$ 91 991,60	10 (restar instalación eléctrica de 9)	\$ 739 986,83	\$ 0,25
JMC N801 2023	\$117 018,55		\$ 990 256,33	\$ 0,33

Se observa que inclusive teniendo fallos en las baterías de cada uno de los camiones una única vez a lo largo de todo su ciclo de vida útil, el costo por km recorrido sigue siendo menor al del camión Canter, esto evidencia aún más la gran reducción de los costos de sustituir la flotilla vehicular con una eléctrica. También se menciona que no se consideraron para este análisis daños costosos como reparaciones totales del motor de combustión en los camiones Canter, lo cual elevaría más su costo por km recorrido y los alejaría de lo que ofrecen en cuanto a costos los camiones eléctricos.

Capítulo VII. Conclusiones y Recomendaciones

7.1. Conclusiones

1. Se establecieron las características y prestaciones técnicas de la flotilla vehicular actual lo cual permitió seleccionar los VE que cumplieran con las funciones, requerimientos y expectativas requeridas en Grupo Agroindustrial Tres Jotas S.A., los cuales fueron el Farizon E200S y el JMC N801 ambos distribuidos por Grupo Veinsa Motors.
2. Se determinó el impacto a nivel ambiental que conlleva la sustitución completa de una flotilla vehicular a una totalmente eléctrica, en las etapas de uso y mantenimiento se tendría una reducción de prácticamente el 100% de las emisiones de CO₂ actuales debido al no uso de lubricantes y combustibles; considerando las emisiones de fabricación los VE son más emisores que los VCI, pero después de los tres meses de uso son superados por los VCI.
3. Se estableció el tipo de infraestructura eléctrica requerida para una eventual sustitución completa de la flotilla vehicular, mostrando cálculos de cada uno de los elementos requeridos, un diagrama unifilar ilustrativo, así como un presupuesto del costo de esta, indicando que en cada punto de carga se requiere de un tomacorriente NEMA 14-50R, un desconectador y su respectivo Disyuntor calculado en el centro de carga.
4. Se realizó una estructura de costos que permite comparar ambos tipos de vehículos en sus etapas de adquisición, operación, mantenimiento y disposición final permitiendo determinar cuál de las opciones es la que brinda una mayor rentabilidad

a lo largo de todo su ciclo de vida, arrojando como resultado que el vehículo más rentable para la empresa es el Geely Farizon E200S con un costo por kilómetro recorrido de \$0,23 seguido del JMC N801 con \$0,30 y el Canter FE71 con \$0,35.

7.2. Recomendaciones

1. Teniendo ya los VE, capacitar al personal encargado de la manipulación de los VE con el fin de dar un uso óptimo a estos, evitando desperdicios de energía, desgastes innecesarios o acelerados de los elementos que los conforman, entre otros.
2. Al adquirir los VE, capacitar al personal encargado del mantenimiento de los vehículos con el fin de poder diagnosticar y solucionar fallas o problemas que eventualmente cualquier vehículo llega a tener por el simple uso, lo cual generaría menores tiempos de paro de los vehículos, así como una mejor gestión del mantenimiento.
3. Generar registros de los pesos de las cargas que se mueven con los actuales vehículos de la empresa; como ya se mencionó anteriormente, con el fin de poder optimizar el trasiego de cargas y no sobrecargar los vehículos ya que en la actualidad no se conoce exactamente los pesos con los que se cargan diariamente los vehículos.
4. Teniendo los VE, tratar en la manera de lo posible de recargar los VE solamente en las estaciones de carga propuestas en este documento, esto debido a que están diseñadas específicamente para el uso de estos y cuentan con protecciones en caso de problemas eléctricos.
5. En una eventual sustitución de la flotilla, generar registros del consumo energético de los VE para verificar el correcto funcionamiento de estos, el rendimiento energético

y poder eventualmente traducir estos datos en valores económicos para posteriores estudios.

Referencias Bibliográficas

- [1] G. A. B. Pacheco y R. Hernández, «Cambio climático algunos aspectos a considerar para la supervivencia del ser vivo: revisión sistémica de la literatura,» *Revista cuidar*, vol. 10, n° 3, 2019.
- [2] Gobierno de Costa Rica, «Plan Nacional de Transporte Eléctrico 2018-2030,» MINAE, San José, Costa Rica, 2018.
- [3] Gobierno de Costa Rica, «Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050,» San José, Costa Rica, 2018.
- [4] Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), «Anuario Revisión Técnica Vehicular (Riteve),» 2020.
- [5] C. G. Gil, «Objetivos de desarrollo sostenible (ods): una revisión crítica,» *Papeles de relaciones ecosociales y cambio global*, vol. 140, pp. 107-118, 2018.
- [6] A. B. Lam, K. C. Leung y V. O. Li, «Vehicular energy network,» *IEEE transactions on transportation electrification*, vol. 3, n° 2, pp. 392-404, 2017.
- [7] M. Knez, G. K. Zevnik y M. Obrecht, «A review of available chargers for electric vehicles: United States of America, European Union and Asia,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 109, pp. 284-293, 2019.
- [8] J. H. Liu y Z. Meng, «Innovation model analysis of new energy vehicles: Taking Toyota, Tesla and BYD as an example,» *Procedia Engineering*, vol. 174, pp. 965-972, 2017.
- [9] A. Cuevas Chana, «El motor de combustión interna y su impacto ambiental: sistemas de escape modernos. Nuevas tecnologías, el mundo: el euro.,» *Serie Ingeniería, Córdoba, Argentina: Jorge Sarmiento Editor, Universitas Editorial Científica Universitaria*, 2020.
- [10] J. Gilardi, *Motores de combustión interna*, Agroamerica, 1985.
- [11] Y. Chen, W. Moufouma-Okia, V. Masson-Delmotte, P. Zhai y A. Pirani, «Recent progress and emerging topics on weather and climate extremes since the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change,» *Annual Review of Environment and Resources*, vol. 43, pp. 35-59, 2018.
- [12] United States Environmental Protection Agency (USEPA), «Overview of greenhouse gases,» USA, 2022.

- [13] J. L. Sullivan, R. E. Baker, B. A. Boyer, R. H. Hammerle, T. E. Kenney, L. Muniz y T. J. Wallington, «CO2 emission benefit of diesel (versus gasoline) powered vehicles,» *Environmental Science Technology*, vol. 38, n° 12, pp. 3217-3223, 2017.
- [14] Instituto Meteorológico Nacional, «Factores de emisión de gases de efecto invernadero,» Undécima edición, 2021.
- [15] P. Kirci, «A novel model for vehicle routing problem with minimizing CO2 emissions,» in *2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies (AICT)*, pp. 241-243, 2019.
- [16] Programa Estado de la Nación-Consejo Nacional de Rectores (CONARE-PEN), «Estado de la Nación,» San José, Costa Rica, 2021.
- [17] Naciones Unidas-Cepal, «Agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe,» 2018.
- [18] Gobierno de Costa Rica, «Plan Nacional de Energía 2015-2030,» MINAE, San José, Costa Rica, 2015.
- [19] International Energy Agency, «Global EV Outlook,» París, Francia, 2021.
- [20] La República, «BYD cierra 2021 como número uno en vehículos eléctricos en Costa Rica,» 2022.
- [21] Tecnológico de Costa Rica, «Estudio de prefactibilidad técnico-financiero basado en el análisis del ciclo de vida útil, para la comparación de un vehículo tipo carga liviana eléctrico contra uno de combustible fósil,» 2022.
- [22] M. Jiménez Garro, «Estudio de prefactibilidad para sustitución de flotilla vehicular de motor de combustible fósil a vehículos eléctricos en Thyssenkrupp Elevadores S.A. Costa Rica,» 2020.
- [23] C. E. Piña Borrego, «Cambio climático, inseguridad alimentaria y obesidad infantil,» *Revista Cubana de Salud Pública*, vol. 45, p. 1964, 2020.
- [24] L. R. Arduzzo, H. E. Neffen, E. Fernández Caldas, R. J. Saranz, C. A. Parisi, A. Tolcachier, A. Cicerán, S. Smith, J. F. Máspero y N. Nardacchione, «Intervención ambiental en las enfermedades respiratorias,» *Medicina (Buenos Aires)*, vol. 79, n° 2, pp. 123-136, 2019.
- [25] D. J. Males Lescano, «Valoración económica y ambiental generada por la contaminación de aceites usados de motor en la ciudad de Ibarra,» *PhD thesis, Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra*, 2018.
- [26] Naciones Unidas, «Convención del marco de las Naciones Unidas para el cambio climático, Protocolo de Kyoto,» Kyoto, Japón, 2021.

- [27] Asamblea Legislativa de Costa Rica, «Ley no.8219, Aprobación del Protocolo de Kyoto de la convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático,» San José, Costa Rica, 2002.
- [28] Asamblea Legislativa de Costa Rica, «Ley no.9405, Aprobación del Acuerdo de París,» San José, Costa Rica, 2016.
- [29] Asamblea Legislativa de Costa Rica, «Ley no.9518, Incentivos y promoción para el transporte eléctrico,» San José, Costa Rica, 2018.
- [30] S. R. Saether, «Mobility at the crossroads-electric mobility policy and charging infrastructure lessons from across Europe,» *Transportation Research Part A: Policy and Practice* , vol. 157, pp. 144-159, 2022.
- [31] R. Baran y L. Legey, «The introduction of electric vehicles in Brazil: Impacts on oil and electricity consumption,» *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 80, n° 5, pp. 907-917, 2013.
- [32] Ministerio de Ambiente y Energía, Instituto Meteorológico Nacional, «Inventario Nacional de Emisiones por Fuentes y Absorción por sumideros de Gases de Efecto Invernadero.,» San José., 2021.
- [33] G. Araya Fonseca, «Introducción de vehículos eléctricos de uso particular en Costa Rica: costo total de posesión e impacto en la red eléctrica de distribución,» 2018.
- [34] J. Logroño, «Cargador de batería para vehículos,» *Tesis de pregrado, Universidad Politécnica de Cataluña. Repositorio Institucional*, 2017.
- [35] National Fire Protection Association, NEC 2014: National Electric Code. NFPA 70, 2013.
- [36] N. Chain y R. Chain, Preparación y evaluación de proyectos, McGraw-Hill Interamericana., 2014.
- [37] Blank y Tarquin, Engineering Economy, McGraw-Hill Education, 2006.
- [38] Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica, «Vehículos eléctricos en Costa Rica,» Dirección de Energía, 2023. [En línea]. Available: <https://energia.minae.go.cr/?p=5634>.
- [39] Sistema Costarricense de Información Jurídica, [En línea]. Available: http://www.pgrweb.go.cr/scij/avanzada_pgr.aspx.
- [40] Environmental Protection Agency, «Greenhouse Gas Emissions from a Typical Passenger Vehicle,» EPA, 2015. [En línea]. Available: <https://www.epa.gov/greenvehicles/greenhouse-gas-emissions-typical-passenger-vehicle-0>.

- [41] International Council on Clean Transportation, «Carbon intensity of electric vehicle manufacturing,» ICCT, 2017. [En línea]. Available: <https://theicct.org/publications/ev-manufacturing-carbon>.
- [42] Transport & Environment, «The climate impact of electric cars,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.transportenvironment.org/publications/climate-impact-electric-cars>.
- [43] H. Helms, C. Kämper y U. Lambrecht, «Carbon dioxide and consumption reduction through electric vehicles,» *Advances in Battery Technologies for Electric Vehicles*, Elsevier, pp. 17-34, 2015.
- [44] A. Eftekhari, K. Mistry y H. Kim, «Life cycle assessment of lithium-ion battery production processes: A review. Sustainable Materials and Technologies,» 2021.
- [45] M. Wang, Z. Liu y Y. Wang , «Life cycle greenhouse gas emissions and energy consumption of lithium-ion battery pack for electric vehicles: A review. Applied Energy,» 2020.
- [46] G. Majeau-Bettez, T. Hawkins y A. Stromman, «Life cycle assessment of lithium-ion batteries for plug-in hybrid electric vehicles—Critical issues. Journal of Cleaner Production,» 2011.
- [47] Agencia Internacional de Energía, «Copper,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions/copper>.
- [48] Greenpeace, «A race to the top: How automakers can address the crisis of car pollution.,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.greenpeace.org/usa/reports/a-race-to-the-top/>.
- [49] J. Cheng, X. Yuan, L. Sun y X. Wu, «Greenhouse gas emissions from road freight transport in China. Journal of Cleaner Production,» 2017.
- [50] European Environment Agency, «Transport and environment reporting mechanism (TERM) – TERM 2018: Transport indicators tracking progress towards environmental targets in Europe,» 2018.
- [51] Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), «Greenhouse Gas Equivalencies Calculator,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator>.
- [52] Q. Xue, X. Song, Y. Zhou y Y. Zhang, «Recycling of lithium-ion batteries for electric vehicles: A review. Journal,» 2021.
- [53] G. Harper, R. Sommerville, E. Kendrick y P. Kendrick, «Life Cycle Assessment of Li-ion Battery Recycling Processes for Electric Vehicle Applications. Journal of Sustainable Metallurgy,» 2021.

- [54] Q. Niu, X. Li, B. Huang y X. Wang, «Applications of recycled batteries in stationary energy storage systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*,» 2019.
- [55] Instituto Meteorológico Nacional, «Factores de emisión de gases de efecto invernadero, Duodécima edición,» 2022.
- [56] X. Meng y Z. Yang, « Investigation of electric vehicle driving range prediction based on NEDC test cycle. *Energies*,» 2017.
- [57] M. Cáceres, A. Busso, C. Cadena y L. Vera, «Determinación de la eficiencia de conversión del inversor empleado en un sistema de generación fotovoltaica conectado a red instalado en el nordeste argentino,» *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 15, 2011.
- [58] KIA , «¿Cuánto cuesta la batería de un automóvil eléctrico?,» KIA Corporation, 2021. [En línea]. Available: <https://www.kia.com/cr/discover-kia/ask/how-much-does-an-electric-car-battery-cost.html>.
- [59] X. Zhang, X. Bai y J. Shang, «Is subsidized electric vehicles adoption sustainable: Consumers' perceptions and motivation toward incentive policies, environmental benefits and risks,» *Journal of Cleaner Production*, vol. 192, pp. 71-79, 2018.
- [60] R. Lee y S. Brown, «Social & locational impacts on electric vehicle ownership and charging profiles,» *Energy Reports*, vol. 7, pp. 42-48, 2021.

Apéndices

Apéndice A. Metodología.

Tabla 39. Metodología por seguir en la realización del proyecto.

Objetivo Especifico Planteado	Actividad por Realizar	Fuente de Información	Análisis de datos con criterios estadísticos.	Resultados esperados (Entregables)
Establecer las características y prestaciones técnicas de la flotilla vehicular de carga liviana actual de combustión interna creando un criterio de selección en su equivalente de propulsión eléctrica que cumpla con todos los requerimientos de la empresa.	Recolectar datos e información sobre la flotilla vehicular actual, háblese de características y prestaciones técnicas, así como características de alternativas vehiculares eléctricas.	Mediciones de campo, muestreo, artículos científicos, planes nacionales relacionados, proyectos de graduación anteriores relacionados.	Interpretar los datos obtenidos para generar un criterio de comparación y selección de alternativas para la sustitución de las flotillas.	Informe técnico con características de operación tales como consumos, capacidades de carga, potencia, torque, entre otros, de la actual flotilla vehicular de combustión interna, así como posibles alternativas en propulsión eléctrica que satisfagan las necesidades de la empresa.
Determinar el impacto ambiental que conlleva la migración de flotillas vehiculares hacia una propulsión totalmente eléctrica.	Realizar una recolección de datos e información sobre el impacto social y ambiental que genera el uso de vehículos eléctricos en distintos países del mundo y a nivel local.	Mediciones de campo, muestreo, artículos científicos, planes nacionales relacionados, proyectos de graduación anteriores relacionados.	Interpretar los datos obtenidos para determinar el impacto generado por una conversión a flotillas vehiculares eléctricas.	Informe de los beneficios ambientales que trae consigo la migración hacia una propulsión eléctrica en los vehículos de carga liviana.
Establecer el tipo de infraestructura eléctrica de carga requerida por los vehículos eléctricos en una eventual migración del tipo de propulsión actual hacia una totalmente eléctrica.	Realizar una recolección de datos e información del tipo de infraestructura eléctrica que requieren los vehículos eléctricos estudiados.	Mediciones de campo, muestreo, artículos científicos, planes nacionales relacionados, proyectos de graduación anteriores relacionados.	Interpretar los datos obtenidos para generar los diseños eléctricos requeridos así como cualquier aspecto relacionado a infraestructura.	Diseños eléctricos de estaciones de carga requeridos para un futuro plan de migración en la propulsión de los vehículos.
Realizar un análisis de costo de ciclo de vida útil tanto de la flotilla vehicular propulsada por combustión interna como por electricidad para la comparación de los costos en cada una de las etapas del ciclo de vida.	Realizar una recolección de datos e información de los aspectos relacionados con el ciclo de vida útil de cada tipo de propulsión para compararlos.	Mediciones de campo, muestreo, artículos científicos, planes nacionales relacionados, proyectos de graduación anteriores relacionados.	Interpretar los datos obtenidos para generar un análisis del costo de ciclo de vida útil de ambos tipos de propulsión y evidenciar las ventajas de uno sobre otro si es que existen.	Informe financiero generado por la comparativa del análisis del costo de ciclo de vida útil para ambos tipos de propulsión conteniendo indicadores financieros.

Apéndice B. Cronograma Projectado.

Actividad a Realizar	Fecha Inicio	Fecha Fin	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Semana 15	Semana 16	Semana 17	Semana 18
Objetivo Específico #1	6/2/2023	26/2/2023	■	■																
Recolección de datos e información.	6/2/2023	19/2/2023	■																	
Informe técnico con características de operación y prestaciones de la flotilla actual de combustión interna y posibles alternativas eléctricas.	13/2/2023	26/2/2023		■	■															
Objetivo Específico #2	27/2/2023	19/3/2023				■	■	■												
Recolección de datos e información.	27/2/2023	12/3/2023				■														
Informe de los beneficios ambientales que trae consigo la migración hacia una propulsión eléctrica en los vehículos de carga liviana.	6/3/2023	19/3/2023					■	■												
Objetivo Específico #3	20/3/2023	9/4/2023							■	■										
Recolección de datos e información.	20/3/2023	2/4/2023							■											
Diseños eléctricos de estaciones de carga requeridos para un futuro plan de migración en la propulsión de los vehículos.	27/3/2023	9/4/2023								■	■									
Objetivo Específico #4	10/4/2023	30/4/2023										■	■							
Recolección de datos e información.	10/4/2023	23/4/2023										■								
Informe financiero generado por la comparativa del análisis del costo de ciclo de vida útil para ambos tipos de propulsión conteniendo indicadores financieros.	17/4/2023	30/4/2023											■	■						
Formato, últimas revisiones y entrega final	1/5/2023	14/5/2023													■	■				
Revisión del proyecto	15/5/2023	28/5/2023															■	■		
Exposición del proyecto	29/5/2023	11/6/2023																		■

Figura 15. Diagrama de Gantt.

Apéndice C. Registro de kilometraje de la flotilla actual por placa.

Tabla 40. Registro del kilometraje semanal de la flotilla actual.

Camión		CL-294371	CL-299106	CL-299176
Semana		kilómetros recorridos (km)	kilómetros recorridos (km)	kilómetros recorridos (km)
Desde	Hasta			
1/10/2022	7/10/2022	445	280	643
8/10/2022	14/10/2022	253	-	930
15/10/2022	21/10/2022	426	-	3312
22/10/2022	28/10/2022	465	-	490
29/10/2022	4/11/2022	493	313	220
5/11/2022	11/11/2022	346	626	250
12/11/2022	18/11/2022	505	496	115
19/11/2022	25/11/2022	508	671	585
26/11/2022	2/12/2022	374	687	-
3/12/2022	9/12/2022	-	845	400
10/12/2022	16/12/2022	-	913	410
17/12/2022	23/12/2022	191	713	100
24/12/2022	30/12/2022	503	796	400
31/12/2022	6/1/2023	424	618	263
7/1/2023	13/1/2023	569	790	592
14/1/2023	20/1/2023	465	823	186
21/1/2023	31/1/2023	185	1207	505
Total		6152	9778	9401
Promedio (por semana)		410,13	698,43	587,56
Kilometraje diario (total)		50,43	80,15	77,06
Kilometraje diario (promedio)		58,59	99,78	83,94
Kilometraje diario por utilizar		54,51	89,96	80,50

Apéndice D. Cálculos Propuesta de Infraestructura Eléctrica.

Se indica que se colocarán 10 cargadores en la instalación eléctrica, los cálculos mostrados a continuación contemplan esto. Según el artículo 210.19(A)(1)(a) del NEC se debe aumentar la corriente máxima del circuito ramal con un factor de corrección por cargas continuas que corresponde a un 125%, también el artículo 310.15(B)(2)(a) indica que existe un factor de corrección por temperatura a la ampacidad de los conductores; como la propuesta se está realizando para su plante en Coronado se tiene que la temperatura promedio ronda los 28° C, lo cual indica un factor de 1 y no se ve afectada la ampacidad. Teniendo de la Tabla 14 que la corriente requerida es de 35 A, se muestra la siguiente tabla donde se denota a cada uno de los cargadores como C- (número correspondiente).

Tabla 41. Corrientes de diseño para infraestructura eléctrica.

Circuito	Corriente de la carga (A)	FC carga continua	FC temperatura	Corriente de diseño corregida (A)
C-1	35	1,25	1	43,75
C-2	35	1,25	1	43,75
C-3	35	1,25	1	43,75
C-4	35	1,25	1	43,75
C-5	35	1,25	1	43,75
C-6	35	1,25	1	43,75
C-7	35	1,25	1	43,75
C-8	35	1,25	1	43,75
C-9	35	1,25	1	43,75
C-10	35	1,25	1	43,75

Como todos los cargadores son iguales, evidentemente sus corrientes serán las mismas. Esto indica que los conductores necesarios, así como tableros y disyuntor serán iguales.

Para poder determinar el calibre de todos los conductores necesarios se deben seleccionar antes los disyuntor de protección de los circuitos ramales. Según el artículo 625.40 del NEC que indica lo relacionado a vehículos eléctricos define que la capacidad del disyuntor para cada circuito ramal se debe seleccionar aplicando a la ampacidad un factor de corrección por carga continua del 125%, con este valor de ampacidad corregida se procede a utilizar el artículo 240.6(A) para seleccionar el disyuntor. La siguiente tabla muestra lo mencionado.

Tabla 42. Corrientes de selección de disyuntores.

Circuito	Corriente de la carga (A)	FC carga continua	Corriente corregida (A)	Disyuntor seleccionado
C-1	35	1,25	43,75	45 A / 2 P
C-2	35	1,25	43,75	45 A / 2 P
C-3	35	1,25	43,75	45 A / 2 P
C-4	35	1,25	43,75	45 A / 2 P
C-5	35	1,25	43,75	45 A / 2 P
C-6	35	1,25	43,75	45 A / 2 P
C-7	35	1,25	43,75	45 A / 2 P
C-8	35	1,25	43,75	45 A / 2 P
C-9	35	1,25	43,75	45 A / 2 P
C-10	35	1,25	43,75	45 A / 2 P

El disyuntor seleccionado se muestra en la Figura 21 en el Anexo 8. Como estos cargadores son monofásicos a 220V, se necesitan 2 líneas, 1 neutro y 1 tierra. Con las corrientes de diseño calculadas se utiliza la tabla 310.15(B)(16) del NEC para determinar los calibres de los conductores, la tabla 250.122 del NEC para el calibre de la tierra, tabla 4 y 5 del capítulo 9 del NEC para determinar áreas y ductos comerciales necesarios (cada ducto transporta 4 conductores), todo esto se muestra a continuación.

Tabla 43. Selección de calibres y ductos comerciales para los conductores.

Circuito	Corriente de diseño corregida (A)	Calibre Línea y Neutro	Calibre Tierra	Área conductor-línea (mm²)	Área conductor tierra (mm²)	Área total conductores (mm²)	Tamaño comercial ducto (in)	Área total ducto (mm²)
C-1	43,75	3x #6 AWG THHN	1x #10 AWG THHN	32,71	13,61	111,74	3/4"	343
C-2	43,75	3x #6 AWG THHN	1x #10 AWG THHN	32,71	13,61	111,74	3/4"	343
C-3	43,75	3x #6 AWG THHN	1x #10 AWG THHN	32,71	13,61	111,74	3/4"	343
C-4	43,75	3x #6 AWG THHN	1x #10 AWG THHN	32,71	13,61	111,74	3/4"	343
C-5	43,75	3x #6 AWG THHN	1x #10 AWG THHN	32,71	13,61	111,74	3/4"	343
C-6	43,75	3x #6 AWG THHN	1x #10 AWG THHN	32,71	13,61	111,74	3/4"	343
C-7	43,75	3x #6 AWG THHN	1x #10 AWG THHN	32,71	13,61	111,74	3/4"	343
C-8	43,75	3x #6 AWG THHN	1x #10 AWG THHN	32,71	13,61	111,74	3/4"	343
C-9	43,75	3x #6 AWG THHN	1x #10 AWG THHN	32,71	13,61	111,74	3/4"	343
C-10	43,75	3x #6 AWG THHN	1x #10 AWG THHN	32,71	13,61	111,74	3/4"	343

Se debe verificar que el porcentaje de caída de tensión %CV en cada circuito ramal sea menor al 3%; esto por indicación del NEC, para así poder asegurar que estos calibres mostrados en la tabla anterior son los correctos. El %CV se calcula de la siguiente manera:

$$\%CV = \left(\frac{2xZ\left(\frac{\Omega}{km}\right)xL(m)xI(A)}{1000xV(V)} \right) x100 \quad \text{Ecuación 8}$$

El valor de Z indica la impedancia eficaz del conductor, L la longitud de este, I la corriente y V el voltaje de la red. Los valores de R y XL provienen de la tabla 9 del capítulo 9 del NEC. Se asume un factor de potencia unitario para este caso ya que es una aproximación. Las longitudes de los conductores se tomarán de manera estimada (aclarando que este diseño eléctrico es un aproximado del costo real de la obra y puede variar al momento de su realización física), esto asumiendo que entre cargador y cargador existirá una distancia de 3,5 metros debido a que el ancho mayor entre los camiones N801 y E200S es de 2,25 metros dejando así un margen para pasillo entre camión y camión; esto se muestra en el siguiente esquema en la Figura 16.

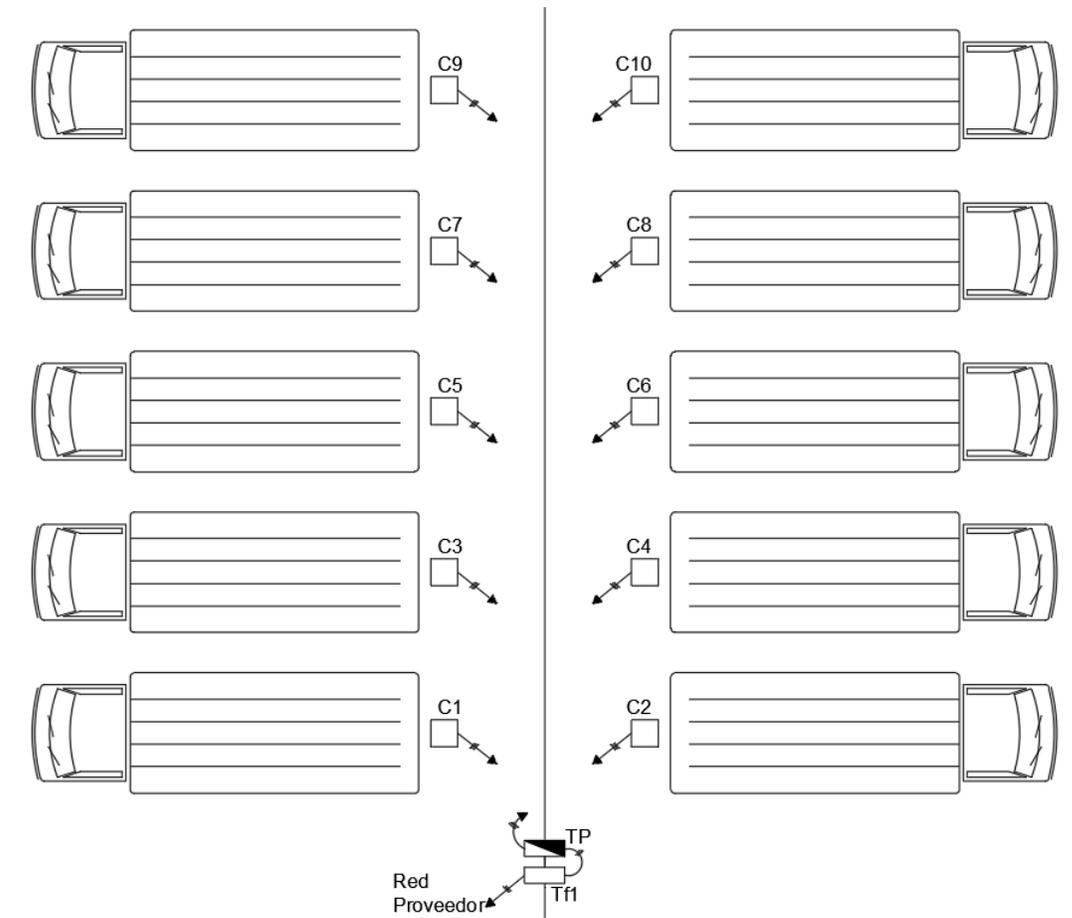


Figura 16. Esquema de la ubicación de los cargadores (aproximada).

Como puede observarse en la Figura 16, se distribuyen los cargadores de manera que quede la mitad a cada lado, esto para tener las menores distancias de conductores posibles y aprovechar el espacio. En la Figura 17 se muestra solo un lado de la instalación de cargadores para poder mostrar las dimensiones de este; cabe recalcar que la distancia entre el cargador 1 y el tablero principal es la misma que la distancia entre el cargador 2 y el tablero principal, y así sucesivamente con el resto de las parejas de cargadores.

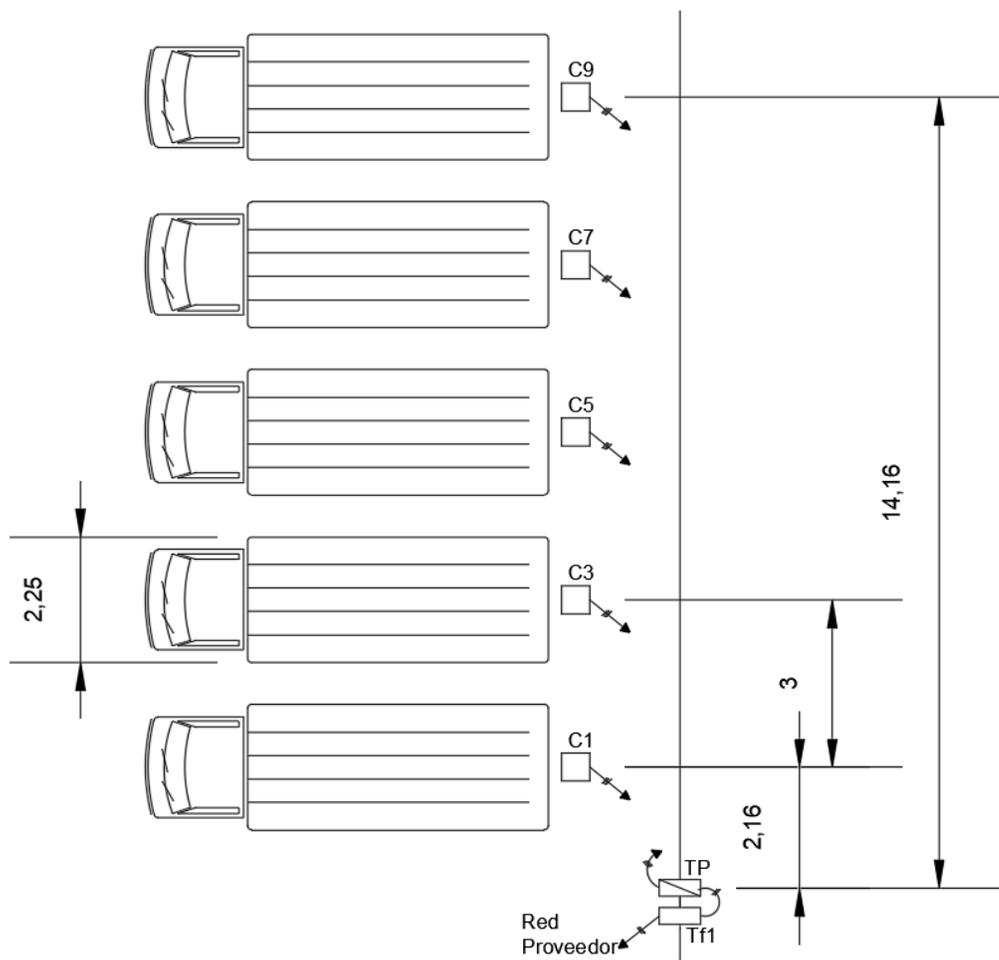


Figura 17. Esquema de la ubicación de cargadores con dimensiones (medio parqueo).

Se aclara que las cotas de la Figura 17 se encuentran todas en metros y cumplen con lo que se mencionó anteriormente de distancias entre cargadores y ancho de los camiones. Estas distancias se toman las mismas entre el tablero principal y cargadores de manera horizontal, pero asumiendo que la instalación es aérea, por lo cual se tiene una distancia aproximada de 1,5 metros bajando en cada cargador. Entonces la distancia entre el tablero principal y cada cargador será la suma de estas distancias mostradas y mencionadas. En la siguiente tabla se muestran los porcentajes de caída de tensión correspondientes a cada uno de los circuitos.

Tabla 44. Porcentaje de caída de tensión de los conductores seleccionados.

Circuito	Longitud de línea (m)	Corriente de carga (A)	Voltaje (V)	R (Ω)	XL (Ω)	Z(Ω /km)	%CV
C-1	3,66	35	220	1,61	0,21	1,61	0,187%
C-2	3,66	35	220	1,61	0,21	1,61	0,187%
C-3	6,66	35	220	1,61	0,21	1,61	0,341%
C-4	6,66	35	220	1,61	0,21	1,61	0,341%
C-5	9,66	35	220	1,61	0,21	1,61	0,495%
C-6	9,66	35	220	1,61	0,21	1,61	0,495%
C-7	12,66	35	220	1,61	0,21	1,61	0,649%
C-8	12,66	35	220	1,61	0,21	1,61	0,649%
C-9	15,66	35	220	1,61	0,21	1,61	0,802%
C-10	15,66	35	220	1,61	0,21	1,61	0,802%

Como puede observarse en la Tabla 44, los conductores seleccionados son los adecuados debido a que se cumple que el %CV es menor al 3%.

Debe mencionarse que los puntos mostrados tanto en la Figura 16 como en la Figura 17 como C-1,C-2, hasta la C-10 corresponden a la “estación de carga” para cada camión, sin embargo esto representa un tomacorriente a 220V de Tipo NEMA 14-50R; el cual se muestra en la Figura 19 en el Anexo 8, así como un desconectador para ser accionado cuando se conecte a cargar el vehículo o vaya a utilizarse el tomacorriente y que también funcione para labores de mantenimiento donde se requiera desenergizar por completo el tomacorriente NEMA antes mencionado. El cargador es un dispositivo portátil que debe llevarse en el camión, el cual se enchufa al tomacorriente NEMA y al ser energizado permite la carga de la batería del VE,

Se debe seleccionar un transformador, para el cual debe determinarse la potencia total demandada. Al no tener datos precisos del cargador incluido con el vehículo y al analizar cargadores de similares características; por ejemplo, el portátil y portátil plus de Grupo ELCO, no se encontraron datos acerca del factor de potencia de estos, por lo cual se asume que este tiene un factor de potencia unitario. Esto anterior indica que la potencia demandada corresponde a la suma fasorial de cada una de las potencias individuales de las cargas, y al estas ser todas cargadores de 7,6 kW (10 unidades) se tiene que la potencia demandada total es de 76 kVA aproximadamente. Se debe aplicar un factor de sobredimensionamiento de un 20%, con lo cual se tiene una potencia total demandada de 91,2 kVA y esto indica que se debe utilizar un transformador de 100 kVA. Se utiliza un transformador monofásico con las siguientes características.

Tabla 45. Corrientes y voltajes del transformador seleccionado.

Potencia del transformador (kVA)	Voltaje primario (kV)	Voltaje secundario (V)	Corriente primario (A)	Corriente secundario (A)
100	34,5	220	2,90	454,55

En la tabla anterior se muestran las corrientes y voltajes tanto al lado del primario como del secundario del transformador. El transformador por utilizar es del tipo Pad-Mounted o Pedestal de la marca INATRA con las características ya mostradas, su respectiva cotización se muestra en el Anexo 8 en la Figura 20. Las corrientes se determinaron con la siguiente ecuación.

$$I = \frac{S}{V} \quad \text{Ecuación 9}$$

En el lado primario del transformador, para determinar el calibre de los conductores se deben considerar el artículo 215.2(1)(a) que indica que si en el circuito del alimentador se tienen cargas continuas se debe corregir el valor de la corriente en un 125%, se vuelve a mencionar que no se tiene factor de corrección por temperatura, para obtener el calibre de conductor con la corriente ya corregida se utilizó la tabla 310.15(B)(16), y para el área transversal y el ducto las tablas 5 y 4 del capítulo 9 del NEC respectivamente.

Tabla 46. Selección de conductores y ductos para lado primario del transformador.

Corriente primario (A)	FC carga continua	Corriente de diseño corregida (A)	Calibre Línea y Neutro	Área conductor línea neutro (mm ²)	Área total conductores (mm ²)	Tamaño comercial ducto (in)	Área total ducto (mm ²)
2,9	1,25	3,625	3x #14 AWG RHW	18,9	75,6	1/2"	196

Observando los datos de la tabla anterior, se tiene un calibre de conductor muy pequeño, aunque los cálculos estén basados en lo indicado por el NEC. Sin embargo, el CIEMI en su Manual para Redes Eléctricas de Distribución Subterránea indica que para esta aplicación el calibre mínimo del conductor a utilizar en mediana tensión es de 1/0 en cobre y el ducto debe tener un diámetro mínimo de 150mm lo cual equivale a un ducto de 6". Para la instalación eléctrica propuesta se tomarán estos datos como los correctos, y se asume que la distancia entre la red de suministro y el transformador es de 10 metros de distancia para estimar su costo.

En el lado secundario se debe colocar un disyuntor principal, con la tabla 450.3(A) del NEC se necesita un valor de corriente que debe ser al menos de un 125% de la corriente del secundario y la selección de este se realiza con el artículo 240.6. Esto se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 47. Selección del disyuntor principal para el secundario del transformador.

Corriente secundario (A)	FC sobre corriente transformador	Corriente de diseño corregida (A)	Disyuntor seleccionado
454,55	1,25	568,18	600 A/2 P

El disyuntor seleccionado se muestra en la Figura 22. Para llevar los conductores desde el transformador hasta el tablero principal se va a utilizar la distribución mostrada en el NEC en la figura B.310.15(B)(2)(2) en el detalle 2.

Se colocarán 3 conductores por línea, 3 neutros y 3 tierras, teniendo así 12 conductores en total, pero de ellos solo 9 conductores son portadores de corriente. Esto quiere decir que por

cada ducto pasarán 3 conductores portadores de corriente, esto indica que no se debe utilizar un factor de corrección por agrupamiento, no se tiene corrección por temperatura, pero si por carga continua como se mencionó anteriormente de un 125%.

Tabla 48. Corrientes corregidas para la selección de calibres del secundario del transformador.

Corriente secundario (A)	FC carga continua	Corriente total corregida (A)	Conductores por línea	Corriente de diseño por conductor (A)
454,55	1,25	568,18	3	189,40

Con la tabla 310.15(B)(16) se procedió a seleccionar los calibres de conductores del secundario para las líneas y el neutro con la tabla anterior y con la tabla 250.122 los calibres de los conductores de puesta a tierra con la corriente de selección del disyuntor. Para seleccionar el área transversal y el ducto las tablas 5 y 4 del capítulo 9 del NEC respectivamente.

Tabla 49. Selección de conductores y ductos para lado secundario del transformador.

Corriente de diseño corregida (A)	Calibre Línea y Neutro	Calibre Tierra	Área conductor línea neutro (mm ²)	Área conductor tierra (mm ²)	Área total conductores (mm ²)	Tamaño comercial ducto (in)	Área total ducto (mm ²)
189,40	9x 3/0 AWG THHN	3x #1 AWG THHN	172,8	100,8	619,2	2"	2165

Se coloca un medidor entre el transformador y el disyuntor principal, se indica que este se coloca justamente antes del tablero por lo cual no se considera la longitud de los

conductores entre estos elementos. Se asume que la distancia entre el transformador y el tablero principal es de 10 metros, esto último con el fin de poder estimar los costos de este tramo de la instalación eléctrica.

Apéndice E. Costos asociados a la infraestructura eléctrica requerida y propuesta.

Para la realización de la instalación eléctrica propuesta en el diagrama unifilar de la Figura 14, mediante los cálculos mostrados en el Apéndice D se determinó que requieren los materiales mostrados en la Tabla 50. Estos materiales fueron cotizados en distintas empresas y páginas web, algunos de estos son mostrados en el Anexo 8 a manera de ejemplo.

Debe mencionarse que el costo por instalación eléctrica se toma de manera total para el análisis de costo de ciclo de vida útil; es decir, aunque la instalación esté pensada para cargar 10 camiones VE se toma que el precio de esta es el mismo ya sea para un solo camión o para los 10. Ya al analizar una sustitución de 10 vehículos debe recordarse sumar este costo por infraestructura eléctrica únicamente una vez.

En cuanto a costos por honorarios del ingeniero a cargo, basado en el Decreto Ejecutivo N° 18636-MOPT del Arancel de Servicios Profesionales de Consultoría para Edificaciones se tiene que se debe considerar ciertos rubros, así como un porcentaje asociado a cada uno por sobre el costo total de materiales de la obra (mostrado en la Tabla 50). Los rubros mencionados, así como su costo asociado se muestran en la Tabla 51.

Tabla 50. Materiales necesarios para la instalación eléctrica.

Material	Características	Cantidad	Precio unitario (colones)	Precio total (colones)	Precio total (dólares)
Transformador	Monofásico 100 kVA- 34,5 kV/220 V	1,0	₡ 4 890 677,97	₡ 4 890 677,97	\$ 9 040,00
Base de medidor	240 V/ 200 A	1,0	₡ 338 764,51	₡ 338 764,51	\$ 626,18
Gabinete de conexiones	20 pulgadas	1,0	₡ 78 500,00	₡ 78 500,00	\$ 145,10
Barra de conexiones	24P	2,0	₡ 20 950,00	₡ 41 900,00	\$ 77,45
Centro de carga	24P 200A	1,0	₡ 208 974,06	₡ 208 974,06	\$ 386,27
Disyuntor	2P / 600 A	1,0	₡ 621 559,26	₡ 621 559,26	\$ 1 148,91
Disyuntor	2P / 45 A	10,0	₡ 24 497,00	₡ 244 970,00	\$ 452,81
Conductor	#6 AWG THHN	289,8	₡ 2 195,00	₡ 636 111,00	\$ 1 175,81
Conductor	#10 AWG THHN	96,6	₡ 805,00	₡ 77 763,00	\$ 143,74
Ducto	EMT 3/4" (3 metros)	33,0	₡ 5 695,00	₡ 187 935,00	\$ 347,38
Unión	EMT 3/4"	20,0	₡ 645,00	₡ 12 900,00	\$ 23,84
Curva	EMT 3/4" 90°	10,0	₡ 1 375,00	₡ 13 750,00	\$ 25,42
Tee	EMT 3/4"	10,0	₡ 950,00	₡ 9 500,00	\$ 17,56
Gaza	EMT 3/4" sencilla	50,0	₡ 115,00	₡ 5 750,00	\$ 10,63
Conductor	1/0 AWG EPR	30,0	₡ 8 295,00	₡ 248 850,00	\$ 459,98
Ducto	PVC sdr 41 6" (6 metros)	2,0	₡ 79 500,00	₡ 159 000,00	\$ 293,90
Conductor	3/0 AWG THHN	90,0	₡ 6 102,00	₡ 549 180,00	\$ 1 015,12
Conductor	#1 AWG THHN	30,0	₡ 5 150,00	₡ 154 500,00	\$ 285,58
Ducto	EMT 2" (3 metros)	4,0	₡ 20 500,00	₡ 82 000,00	\$ 151,57
Varilla de cobre	5/8" 10 micras (3 metros)	1,0	₡ 19 500,00	₡ 19 500,00	\$ 36,04
Tomacorriente	NEMA 14-50R	10,0	₡ 3 603,80	₡ 36 038,00	\$ 66,61
Total				₡ 8 618 122,80	\$15 929,99

Tabla 51. Honorarios del ingeniero a cargo de la obra eléctrica.

Rubro	Porcentaje asociado	Costo total (colones)	Costo total (dólares)
Estudios preliminares	0,5%	₡ 43 090,61	\$ 79,65
Anteproyecto	1%	₡ 86 181,23	\$ 159,30
Planos y especificaciones técnicas	4%	₡ 344 724,91	\$ 637,20
Inspección	3%	₡ 258 543,68	\$ 477,90
Dirección técnica y de obra	5%	₡ 430 906,14	\$ 796,50
Administración	12%	₡ 1 034 174,74	\$ 1 911,60
Total		₡ 2 197 621,31	\$ 4 062,15

Apéndice F. Gastos de combustible para los camiones VCI actuales desde enero de 2021 hasta enero de 2023.

Tabla 52. Gastos de combustible diésel para el vehículo placa “CL-294371“

Periodo	Vehículo CL-294371					
	Kilometraje	Litros	Precio promedio por litro (colones)	Tipo de cambio promedio (colones)	Costo combustible (colones)	Costo combustible (dólares)
ene-21	2298,0	566,917	₡ 493,00	₡ 609,83	₡ 279 490,08	\$ 458,308
feb-21	2144,0	536,496	₡ 504,00	₡ 609,15	₡ 270 393,98	\$ 443,887
mar-21	2187,0	570,606	₡ 536,00	₡ 609,10	₡ 305 844,82	\$ 502,126
abr-21	1834,0	498,087	₡ 563,00	₡ 612,15	₡ 280 422,98	\$ 458,095
may-21	2357,0	590,756	₡ 553,00	₡ 614,52	₡ 326 688,07	\$ 531,615
jun-21	2278,0	558,964	₡ 590,00	₡ 617,03	₡ 329 788,76	\$ 534,478
jul-21	1339,0	337,514	₡ 597,00	₡ 618,34	₡ 201 495,86	\$ 325,866
ago-21	2270,0	580,930	₡ 593,00	₡ 618,70	₡ 344 491,49	\$ 556,799
sep-21	1979,0	470,554	₡ 596,00	₡ 622,14	₡ 280 450,18	\$ 450,783
oct-21	1880,0	459,455	₡ 620,00	₡ 627,01	₡ 284 862,10	\$ 454,318
nov-21	2128,0	520,951	₡ 621,00	₡ 637,10	₡ 323 510,57	\$ 507,786
dic-21	1862,0	453,372	₡ 630,00	₡ 635,30	₡ 285 624,36	\$ 449,590
ene-22	1543,0	228,893	₡ 611,00	₡ 635,71	₡ 139 853,62	\$ 219,996
feb-22	3436,0	593,668	₡ 669,00	₡ 640,03	₡ 397 163,89	\$ 620,539
mar-22	2783,0	533,630	₡ 784,00	₡ 646,45	₡ 418 365,92	\$ 647,174
abr-22	0,0	0,000	₡ 845,00	₡ 655,07	₡ -	\$ -
may-22	1556,0	333,255	₡ 906,00	₡ 668,92	₡ 301 929,03	\$ 451,368
jun-22	2070,0	349,497	₡ 943,00	₡ 684,27	₡ 329 575,67	\$ 481,646
jul-22	1970,0	338,043	₡ 873,00	₡ 678,49	₡ 295 111,54	\$ 434,953
ago-22	994,0	197,533	₡ 1 002,00	₡ 654,86	₡ 197 928,07	\$ 302,245
sep-22	1860,0	358,232	₡ 872,00	₡ 637,02	₡ 312 378,30	\$ 490,374
oct-22	1795,0	380,267	₡ 866,00	₡ 621,64	₡ 329 311,22	\$ 529,746
nov-22	2020,0	472,593	₡ 824,00	₡ 608,22	₡ 389 416,63	\$ 640,256
dic-22	694,0	110,488	₡ 846,00	₡ 588,05	₡ 93 472,85	\$ 158,954
ene-23	1643,0	343,294	₡ 750,00	₡ 571,15	₡ 257 470,50	\$ 450,793
Promedio	1876,8	415,4	₡ 707,48	₡ 628,81	₡ 279 001,62	\$ 444,068
Total	46920,0	10384,0	-	-	₡ 6 975 040,50	\$ 11 101,696

Tabla 53. Gastos de combustible diésel para el vehículo placa “CL-299106“

Periodo	Vehículo CL-299106					
	Kilometraje	Litros	Precio promedio por litro (colones)	Tipo de cambio promedio (colones)	Costo combustible (colones)	Costo combustible (dólares)
ene-21	1398,0	261,096	₡ 493,00	₡ 609,83	₡ 128 720,33	\$ 211,08
feb-21	3597,0	695,594	₡ 504,00	₡ 609,15	₡ 350 579,38	\$ 575,52
mar-21	3793,0	754,498	₡ 536,00	₡ 609,10	₡ 404 410,93	\$ 663,95
abr-21	3670,0	699,935	₡ 563,00	₡ 612,15	₡ 394 063,41	\$ 643,74
may-21	2676,0	545,149	₡ 553,00	₡ 614,52	₡ 301 467,40	\$ 490,57
jun-21	3754,0	767,416	₡ 590,00	₡ 617,03	₡ 452 775,44	\$ 733,80
jul-21	3623,0	728,909	₡ 597,00	₡ 618,34	₡ 435 158,67	\$ 703,75
ago-21	3901,0	758,637	₡ 593,00	₡ 618,70	₡ 449 871,74	\$ 727,12
sep-21	3429,0	697,242	₡ 596,00	₡ 622,14	₡ 415 556,23	\$ 667,95
oct-21	3475,0	732,417	₡ 620,00	₡ 627,01	₡ 454 098,54	\$ 724,23
nov-21	3643,0	759,404	₡ 621,00	₡ 637,10	₡ 471 589,88	\$ 740,21
dic-21	3554,0	718,812	₡ 630,00	₡ 635,30	₡ 452 851,56	\$ 712,82
ene-22	3346,0	619,617	₡ 611,00	₡ 635,71	₡ 378 585,99	\$ 595,53
feb-22	884,0	217,767	₡ 669,00	₡ 640,03	₡ 145 686,12	\$ 227,62
mar-22	864,0	150,982	₡ 784,00	₡ 646,45	₡ 118 369,89	\$ 183,11
abr-22	887,0	160,575	₡ 845,00	₡ 655,07	₡ 135 685,88	\$ 207,13
may-22	1251,0	214,602	₡ 906,00	₡ 668,92	₡ 194 429,41	\$ 290,66
jun-22	1204,0	222,767	₡ 943,00	₡ 684,27	₡ 210 069,28	\$ 307,00
jul-22	1285,0	211,485	₡ 873,00	₡ 678,49	₡ 184 626,41	\$ 272,11
ago-22	1211,0	215,650	₡ 1 002,00	₡ 654,86	₡ 216 081,30	\$ 329,97
sep-22	1263,0	240,448	₡ 872,00	₡ 637,02	₡ 209 670,66	\$ 329,14
oct-22	280,0	50,401	₡ 866,00	₡ 621,64	₡ 43 647,27	\$ 70,21
nov-22	2793,0	477,345	₡ 824,00	₡ 608,22	₡ 393 332,28	\$ 646,69
dic-22	3267,0	658,664	₡ 846,00	₡ 588,05	₡ 557 229,74	\$ 947,59
ene-23	3438,0	767,095	₡ 750,00	₡ 571,15	₡ 575 321,25	\$ 1 007,30
Promedio	2499,4	493,1	₡ 707,48	₡ 628,81	₡ 322 955,16	\$ 520,35
Total	62486,0	12326,5	-	-	₡ 8 073 878,97	\$ 13 008,81

Tabla 54. Gastos de combustible diésel para el vehículo placa “CL-299176“

Periodo	Vehículo CL-299176					
	Kilometraje	Litros	Precio promedio por litro (colones)	Tipo de cambio promedio (colones)	Costo combustible (colones)	Costo combustible (dólares)
ene-21	1654,0	362,174	₡ 493,00	₡ 609,83	₡ 178 551,78	\$ 292,79
feb-21	1864,0	397,765	₡ 504,00	₡ 609,15	₡ 200 473,56	\$ 329,10
mar-21	1987,0	516,279	₡ 536,00	₡ 609,10	₡ 276 725,54	\$ 454,32
abr-21	1539,0	367,681	₡ 563,00	₡ 612,15	₡ 207 004,40	\$ 338,16
may-21	1783,0	459,416	₡ 553,00	₡ 614,52	₡ 254 057,05	\$ 413,42
jun-21	2037,0	480,982	₡ 590,00	₡ 617,03	₡ 283 779,38	\$ 459,91
jul-21	2066,0	234,465	₡ 597,00	₡ 618,34	₡ 139 975,61	\$ 226,37
ago-21	2158,0	424,844	₡ 593,00	₡ 618,70	₡ 251 932,49	\$ 407,20
sep-21	1925,0	389,280	₡ 596,00	₡ 622,14	₡ 232 010,88	\$ 372,92
oct-21	2189,0	559,214	₡ 620,00	₡ 627,01	₡ 346 712,68	\$ 552,96
nov-21	1785,0	439,145	₡ 621,00	₡ 637,10	₡ 272 709,05	\$ 428,05
dic-21	1565,0	395,865	₡ 630,00	₡ 635,30	₡ 249 394,95	\$ 392,56
ene-22	1301,0	324,292	₡ 611,00	₡ 635,71	₡ 198 142,41	\$ 311,69
feb-22	1399,0	340,731	₡ 669,00	₡ 640,03	₡ 227 949,04	\$ 356,15
mar-22	1777,0	289,695	₡ 784,00	₡ 646,45	₡ 227 120,88	\$ 351,34
abr-22	2913,0	586,175	₡ 845,00	₡ 655,07	₡ 495 317,88	\$ 756,13
may-22	3142,0	575,101	₡ 906,00	₡ 668,92	₡ 521 041,51	\$ 778,93
jun-22	3256,0	703,833	₡ 943,00	₡ 684,27	₡ 663 714,52	\$ 969,96
jul-22	3225,0	676,236	₡ 873,00	₡ 678,49	₡ 590 354,03	\$ 870,10
ago-22	2979,0	512,070	₡ 1 002,00	₡ 654,86	₡ 513 094,14	\$ 783,52
sep-22	675,0	172,273	₡ 872,00	₡ 637,02	₡ 150 222,06	\$ 235,82
oct-22	5375,0	799,918	₡ 866,00	₡ 621,64	₡ 692 728,99	\$ 1 114,36
nov-22	1170,0	727,941	₡ 824,00	₡ 608,22	₡ 599 823,38	\$ 986,19
dic-22	1310,0	351,748	₡ 846,00	₡ 588,05	₡ 297 578,81	\$ 506,04
ene-23	1546,0	305,711	₡ 750,00	₡ 571,15	₡ 229 283,25	\$ 401,44
Promedio	2104,8	455,7	₡ 707,48	₡ 628,81	₡ 331 987,93	\$ 523,58
Total	52620,0	11392,8	-	-	₡ 8 299 698,25	\$ 13 089,44

Apéndice G. Estructura de costos para el Análisis de Costo de Ciclo de Vida de los camiones seleccionados.

Tabla 55. Estructura de costos para Canter FE71 2023.

Rubro	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Costos de Adquisición o Iniciales											
Camión	\$ 24 900,00										
Costos de Operación											
Gasto combustible		\$ 8 037,00	\$ 8 485,46	\$ 8 958,95	\$ 9 458,86	\$ 9 986,67	\$ 10 543,92	\$ 11 132,27	\$ 11 753,46	\$ 12 409,30	\$ 13 101,74
Derecho de circulación		\$ 544,90	\$ 514,49	\$ 485,79	\$ 458,68	\$ 433,08	\$ 408,92	\$ 386,10	\$ 364,56	\$ 344,21	\$ 325,01
Dekra		\$ 13,44	\$ 14,19	\$ 14,98	\$ 15,82	\$ 16,70	\$ 17,63	\$ 18,62	\$ 19,65	\$ 20,75	\$ 21,91
Costos de Mantenimiento											
Preventivo		\$ 1 200,00	\$ 1 266,96	\$ 1 337,66	\$ 1 412,30	\$ 1 491,10	\$ 1 574,31	\$ 1 662,15	\$ 1 754,90	\$ 1 852,83	\$ 1 956,21
Correctivo		\$ 1 741,39	\$ 1 838,56	\$ 1 941,15	\$ 2 049,47	\$ 2 163,83	\$ 2 284,57	\$ 2 412,05	\$ 2 546,64	\$ 2 688,74	\$ 2 838,77
Disposición Final											
Venta											\$ 11 391,20
Flujo Neto de Efectivo	\$ -24 900,00	\$ -11 536,73	\$ -12 119,67	\$ -12 738,53	\$ -13 395,12	\$ -14 091,38	\$ -14 829,35	\$ -15 611,19	\$ -16 439,21	\$ -17 315,83	\$ -6 852,44
Tasa de descuento	10,3%										
FNE descontado	\$ -80 930,51										
Inversión inicial	\$ -24 900,00										
VAN del Proyecto	\$ -105 830,51										

Tabla 56. Estructura de costos para E200S 2023.

Rubro	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Costos de Adquisición o Iniciales											
Camión	\$ 44 900,00										
Cargador	incluido										
Inversor	\$ 107,90										
Instalación eléctrica	\$ 19 992,13										
Costos de Operación											
Gasto electricidad		\$ 1 087,20	\$ 1 147,87	\$ 1 211,92	\$ 1 279,54	\$ 1 350,94	\$ 1 426,32	\$ 1 505,91	\$ 1 589,94	\$ 1 678,66	\$ 1 772,33
Derecho de circulación		\$ -	\$ 196,51	\$ 393,03	\$ 589,54	\$ 786,06	\$ 982,57	\$ 927,74	\$ 875,97	\$ 827,10	\$ 780,94
Dekra		\$ 13,44	\$ 14,19	\$ 14,98	\$ 15,82	\$ 16,70	\$ 17,63	\$ 18,62	\$ 19,65	\$ 20,75	\$ 21,91
Costos de Mantenimiento											
Preventivo		\$ 480,00	\$ 506,78	\$ 535,06	\$ 564,92	\$ 596,44	\$ 629,72	\$ 664,86	\$ 701,96	\$ 741,13	\$ 782,49
Correctivo		\$ 1 741,39	\$ 1 838,56	\$ 1 941,15	\$ 2 049,47	\$ 2 163,83	\$ 2 284,57	\$ 2 412,05	\$ 2 546,64	\$ 2 688,74	\$ 2 838,77
Disposición Final											
Venta											\$ 20 540,76
Flujo Neto de Efectivo	\$ -65 000,03	\$ -3 322,03	\$ -3 703,91	\$ -4 096,14	\$ -4 499,29	\$ -4 913,97	\$ -5 340,82	\$ -5 529,18	\$ -5 734,17	\$ -5 956,38	\$ 14 344,32
Tasa de descuento	10,3%										
FNE descontado	\$-20 608,59										
Inversión inicial	\$ -65 000,03										
VAN del Proyecto	\$ -85 608,62										

Tabla 57. Estructura de costos para N801 2023.

Rubro	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Costos de Adquisición o Iniciales											
Camión	\$ 59 900,00										
Cargador	incluido										
Inversor	\$ 107,90										
Instalación eléctrica	\$ 19 992,13										
Costos de Operación											
Gasto electricidad		\$ 2 433,60	\$ 2 569,39	\$ 2 712,77	\$ 2 864,14	\$ 3 023,96	\$ 3 192,70	\$ 3 370,85	\$ 3 558,94	\$ 3 757,53	\$ 3 967,20
Derecho de circulación		\$ -	\$ 262,16	\$ 524,33	\$ 786,49	\$ 1 048,66	\$ 1 310,82	\$ 1 237,68	\$ 1 168,61	\$ 1 103,41	\$ 1 041,84
Dekra		\$ 13,44	\$ 14,19	\$ 14,98	\$ 15,82	\$ 16,70	\$ 17,63	\$ 18,62	\$ 19,65	\$ 20,75	\$ 21,91
Costos de Mantenimiento											
Preventivo		\$ 480,00	\$ 506,78	\$ 535,06	\$ 564,92	\$ 596,44	\$ 629,72	\$ 664,86	\$ 701,96	\$ 741,13	\$ 782,49
Correctivo		\$ 1 741,39	\$ 1 838,56	\$ 1 941,15	\$ 2 049,47	\$ 2 163,83	\$ 2 284,57	\$ 2 412,05	\$ 2 546,64	\$ 2 688,74	\$ 2 838,77
Disposición Final											
Venta											\$ 27 402,93
Flujo Neto de Efectivo	\$ -80 000,03	\$ -4 668,43	\$ -5 191,09	\$ -5 728,29	\$ -6 280,84	\$ -6 849,58	\$ -7 435,44	\$ -7 704,05	\$ -7 995,81	\$ -8 311,56	\$ 18 750,72
Tasa de descuento	10,3%										
FNE descontado	\$ -29 269,12										
Inversión inicial	\$ -80 000,03										
VAN del Proyecto	\$ -109 269,15										

Tabla 58. Estructura de costos para Canter 2017.

Rubro	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
	Costos de Adquisición o Iniciales										
Camión	\$ -										
	Costos de Operación										
Gasto combustible		\$ 8 421,67	\$ 8 891,60	\$ 9 387,75	\$ 9 911,59	\$ 10 464,65	\$ 11 048,58	\$ 11 665,09	\$ 12 316,00	\$ 13 003,24	\$ 13 728,82
Derecho de circulación		\$ 544,90	\$ 514,49	\$ 485,79	\$ 458,68	\$ 433,08	\$ 408,92	\$ 386,10	\$ 364,56	\$ 344,21	\$ 325,01
Dekra		\$ 13,44	\$ 14,19	\$ 14,98	\$ 15,82	\$ 16,70	\$ 17,63	\$ 18,62	\$ 19,65	\$ 20,75	\$ 21,91
	Costos de Mantenimiento										
Preventivo		\$ 912,18	\$ 963,08	\$ 1 016,82	\$ 1 073,56	\$ 1 133,46	\$ 1 196,71	\$ 1 263,49	\$ 1 333,99	\$ 1 408,43	\$ 1 487,02
Correctivo		\$ 1 741,39	\$ 1 838,56	\$ 1 941,15	\$ 2 049,47	\$ 2 163,83	\$ 2 284,57	\$ 2 412,05	\$ 2 546,64	\$ 2 688,74	\$ 2 838,77
	Disposición Final										
Venta											\$ -
Flujo Neto de Efectivo	\$ -	\$ -11 633,58	\$ -12 221,92	\$ -12 846,49	\$ -13 509,11	\$ -14 211,73	\$ -14 956,41	\$ -15 745,34	\$ -16 580,84	\$ -17 465,37	\$ -18 401,52

Tabla 59. Estructura de costos sensibilizada con cambio de batería para E200S 2023.

Rubro	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Costos de Adquisición o Iniciales											
Camión	\$ 44 900,00										
Cargador	incluido										
Inversor	\$ 107,90										
Instalación eléctrica	\$ 19 992,13										
Costos de Operación											
Gasto electricidad		\$ 1 087,20	\$ 1 147,87	\$ 1 211,92	\$ 1 279,54	\$ 1 350,94	\$ 426,32	\$ 1 505,91	\$ 1 589,94	\$ 1 678,66	\$ 1 772,33
Derecho de circulación		\$ -	\$ 196,51	\$ 393,03	\$ 589,54	\$ 786,06	\$ 982,57	\$ 927,74	\$ 875,97	\$ 827,10	\$ 780,94
Dekra		\$ 13,44	\$ 14,19	\$ 14,98	\$ 15,82	\$ 16,70	\$ 17,63	\$ 18,62	\$ 19,65	\$ 20,75	\$ 21,91
Costos de Mantenimiento											
Preventivo		\$ 480,00	\$ 506,78	\$ 535,06	\$ 564,92	\$ 596,44	\$ 629,72	\$ 664,86	\$ 701,96	\$ 741,13	\$ 782,49
Correctivo		\$ 741,39	\$ 838,56	\$ 1 941,15	\$ 2 049,47	\$ 2 163,83	\$ 2 284,57	\$ 2 412,05	\$ 2 546,64	\$ 2 688,74	\$ 2 838,77
Cambio de baterías						\$ 10 420,80					
Disposición Final											
Venta											\$ 20 540,76
Flujo Neto de Efectivo	\$ -65 000,03	\$ -3 322,03	\$ -3 703,91	\$ -4 096,14	\$ -4 499,29	\$ -15 334,77	\$ -5 340,82	\$ -5 529,18	\$ -5 734,17	\$ -5 956,38	\$ 14 344,32
Tasa de descuento	10,3%										
FNE descontado	\$ -26 991,57										
Inversión inicial	\$ -65 000,03										
VAN del Proyecto	\$ -91 991,60										

Tabla 60. Estructura de costos sensibilizada con cambio de batería para N801 2023.

Rubro	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Costos de Adquisición o Iniciales											
Camión	\$ 59 900,00										
Cargador	incluido										
Inversor	\$ 107,90										
Instalación eléctrica	\$ 19 992,13										
Costos de Operación											
Gasto electricidad		\$ 2 433,60	\$ 2 569,39	\$ 2 712,77	\$ 2 864,14	\$ 3 023,96	\$ 3 192,70	\$ 3 370,85	\$ 3 558,94	\$ 3 757,53	\$ 3 967,20
Derecho de circulación		\$ -	\$ 262,16	\$ 524,33	\$ 786,49	\$ 1 048,66	\$ 1 310,82	\$ 1 237,68	\$ 1 168,61	\$ 1 103,41	\$ 1 041,84
Dekra		\$ 13,44	\$ 14,19	\$ 14,98	\$ 15,82	\$ 16,70	\$ 17,63	\$ 18,62	\$ 19,65	\$ 20,75	\$ 21,91
Costos de Mantenimiento											
Preventivo		\$ 480,00	\$ 506,78	\$ 535,06	\$ 564,92	\$ 596,44	\$ 629,72	\$ 664,86	\$ 701,96	\$ 741,13	\$ 782,49
Correctivo		\$ 1 741,39	\$ 1 838,56	\$ 1 941,15	\$ 2 049,47	\$ 2 163,83	\$ 2 284,57	\$ 2 412,05	\$ 2 546,64	\$ 2 688,74	\$ 2 838,77
Cambio de baterías						\$ 12 651,60					
Disposición Final											
Venta											\$ 27 402,93
Flujo Neto de Efectivo	\$ -80 000,03	\$ -4 668,43	\$ -5 191,09	\$ -5 728,29	\$ -6 280,84	\$ -19 501,18	\$ -7 435,44	\$ -7 704,05	\$ -7 995,81	\$ -8 311,56	\$ 18 750,72
Tasa de descuento	10,3%										
FNE descontado	\$ -37 018,52										
Inversión inicial	\$ -80 000,03										
VAN del Proyecto	\$ -117 018,55										

Anexos

Anexo 1. Estudio registral del vehículo placa CL-294371 (ejemplo).

El Vehículo Placa: CL 294371
Características Generales del Vehículo

Marca:	MITSUBISHI	Estilo:	CANTER FUSO
Categoría:	CARGA LIVIANA	Capacidad:	3 personas
Serie:	JLBFE71CBHKU40327	Peso Vacio:	0
Carroceria:	CAJA CERRADA O FURGON	Peso Neto:	1780 kgrms.
Tracción:	4X2	Peso Bruto:	4400 kgrms.
Número Chasis:	JLBFE71CBHKU40327	Valor Hacienda (verificar actualización en el marchamo):	9,410,000.00
Año Fabricación:	2017	Estado Actual:	INSCRITO
Longitud:	0 mts.	Estado Tributario:	PAGO DERECHOS DE ADUANA
Cabina:	NO APLICA	Clase Tributaria:	2523647
Techo:	NO APLICA	Uso:	PARTICULAR
Peso Remolque:	0	Valor Contrato:	20,914.50
Color:	BLANCO	Numero registral:	0
Convertido:	N	Moneda:	COLONES
VIN:	JLBFE71CBHKU40327		

CARACTERISTICAS DEL MOTOR

N.Motor:	4D33P70670	Marca:	MITSUBISHI
N. Serie:	NO INDICADO	Modelo:	FE71CB8LGPA
Cilindrada:	4200 C.C	Cilindros:	4
Potencia:	89 KW	Combustible:	DIESEL
Fabricante:	NO INDICADO	Procedencia:	DESCONOCIDA

Anexo 2. Ficha técnica del camión JMC N801 2023.

 **N801 BEV** 



VEINSA
MOTORS

 4000-8000 |  www.jmc.cr |  |  Veinsacomercial

CARACTERÍSTICAS EXTERIORES	GLS
Parrilla del color de la carrocería	•
Faros de halógeno	•
Luces neblineras	•
Llantas 7.00R16LT 10PR	•
Apertura con mando a distancia	•
Estribos	•
Luces neblineras	•
Sensores de retroceso	•

CARACTERÍSTICAS INTERIORES	GLS
Aire acondicionado	•
Ventanas eléctricas	•
Cierre central	•
Volante ajustable	•
Controles de audio en el volante	•
Portavasos en las puertas	•
Radio CD MP3, con puerto auxiliar y USB	•
2 parlantes	•
Tapicería en tela	•
Volante ajustable	•

CARACTERÍSTICAS DE SEGURIDAD	GLS
Frenos de disco en la 4 ruedas	•
Freno magnético a la barra de transmisión	•
Frenos antibloqueo ABS	•
Luces con ajuste de altura	•

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	GLS
Motor eléctrico sincrónico de imán permanente PMSM DE 120kw(161hp) de potencia y 500Nm de torque	•
Batería CATL de fosfato de hierro-litio con 81.14Kwh de capacidad. Refrigeración por líquido	•
Autonomía aproximada de 160km a carga plena	•
Carga directa DC (Carga Rápida), conector tipo CCS-2 (Combo 2), 2 horas.	•
Tracción trasera 4x2	•
Transmisión automática	•
Dirección hidráulica	•
Suspensión delantera de eje rígido con resortes de hoja	•
Suspensión trasera de eje rígido con resortes de hoja	•

DIMENSIONES Y CAPACIDADES	GLS
Capacidad de pasajeros	3
Capacidad de carga en kg	2.730
Alto total en mm	3.135
Largo total en mm	5.995
Ancho Total	2.225
Largo de chasis aprovechable en mm	4.080
Peso Neto en kg	3.270
Peso Bruto en kg	6.000
Distancia entre ejes en mm	3.360

NOTA: Las características técnicas descritas en esta ficha están sujetas a cambios sin previo aviso. Fotos con carácter ilustrativo.

Anexo 3. Ficha técnica del camión Geely Farizon E200S 2023.

GEELY

VEHÍCULOS COMERCIALES

E200S 4.2 T 1.9TON



CARACTERÍSTICAS EXTERIORES	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
Bumper del color de la carrocería	Motor Eléctrico PMSM de 90 Kw (120hp) de potencia
Faros de halógeno	Batería CATL de fosfato de hierro-litio con 66.84Kwh de capacidad. Nivel de protección IP67. Refrigeración por líquido
Luces neblineras	Carga directa DC (Carga Rápida), conector tipo GBT, 2 horas
Llantas 185R15LT8PR	Autonomía aproximada de 295 km en ciclo NEDC
Apertura con mando a distancia	Tracción trasera 4x2
Sensores de retroceso	Transmisión Automática
Disponibile en batea abierta y/o en furgón de carga seca	Dirección hidráulica
CARACTERÍSTICAS INTERIORES	DIMENSIONES Y CAPACIDADES
Aire acondicionado	Capacidad de pasajeros
Cierre central	Capacidad de carga en kilos
Radio MP3, con puerto USB	Largo total en mm
2 Parlantes	Ancho Total en mm
Tapicería en tela	Alto total en mm
Apoya Brazos central con posavasos y mesa de trabajo	Distancia entre ejes en mm
Alfombrado de cabina en vinil	Largo de chasis aprovechable en mm
Volante ajustable	Peso Neto
Carrocería con zonas de deformación programada	Peso Bruto
Barras de acero en las puertas	NOTA: Las características técnicas descritas en esta ficha están sujetas a cambios sin previo aviso. Fotos con carácter ilustrativo, no incluyen carrocería.
Frenos de disco en las ruedas delanteras y tambor atrás	
Frenos ABS	
Luces delanteras con ajuste de altura	



4000-8000



www.veinsamotors.com



VeinsaComercial

Anexo 4. Ficha técnica del camión Dongfeng EV-18.

MODELO:
EV-18

- CAPACIDAD DE CARGA**
2,8 TON
- POTENCIA MÁXIMA**
81,14 KW/H
- AUTONOMÍA**
250 KM
- FULL EQUIPO**
- LUCES LED**
- VELOCIDAD CRUCERO**
- DOBLE LLANTA POSTERIOR**

CAMIÓN 100% ELÉCTRICO

Mavesa a la vanguardia de la ELECTROMOVILIDAD

DONGFENG
CAMIONES

ESTE CAMIÓN ES 100% ELÉCTRICO

1800 628372

Con el respaldo de **Grupo Mavesa**

TRACCIÓN: 4X2

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

ENERGY TRUCK EV-18

Motor	Especificaciones	
Marca / Modelo	INVANCE / T2230XSIN101	
Tipo de Motor	Motor AC Sincrono de imanes permanentes	
Potencia nominal/pico	60 / 120 Kw	
Torque nominal/pico	150 / 320 Nm	
Sistema de alimentación	Eléctrico	
Voltaje	500 V	
Autonomía con carga	250 km a 40 km/h vía plana	
Autonomía sin carga	350 km a 40 km/h vía plana	
Velocidad máxima	90 km/h	
Capacidad de ascenso	≥25%	

Batería	Especificaciones	
No. Baterías	2	
Marca / Tipo	CATL / batería de litio-ferrofosfato	
Energía total	81,14 kWh	
Pistola de recarga	EU DC CCS2 (Carga lenta / Carga rápida)	

Neumáticos	Especificaciones	
Medidas	7.00R16 8PR	

Sistemas especiales	Especificaciones	
Velocidad de cruceo	SI	
Alerta cambio de carril involuntario	SI	
Luces LED	SI	
Sistema de monitoreo de fatiga del conductor	SI	
Asistente de arranque en pendiente HAC	SI	
Control de tracción	SI	

Dimensiones	Simbología	Especificaciones
Longitud total	OL	5.810 mm
Ancho frontal	CW	1.880 mm
Ancho posterior	OW	2.040 mm
Alto total	OH	2.200 mm
Distancia entre ejes	WB	3.308 mm
Voladizo delantero	FO	1.000 mm
Voladizo posterior	RO	1.480 mm
Trocha del eje delantero	FT	1.840 mm
Trocha del eje posterior	TR	1.800 mm
Espacio de carga útil	PS	4.220 mm

Pesos y capacidades	Especificaciones	
Capacidad del eje delantero	2.200 kg	
Capacidad del eje posterior	3.500 kg	
Peso bruto vehicular	5.000 kg	
Peso vacío (con furgón)	2.200 kg	
Capacidad de carga	2.800 kg	

Suspensión / Dirección	Especificaciones	
Delantera	Suspensión de ballestas semielípticas con amortiguadores	
Posterior	Suspensión de ballestas semielípticas con amortiguadores	
Dirección	Hidráulica - Electro asistida / Columna de dirección ajustable	

Frenos	Especificaciones	
Tipo	Hidráulico	
Servicio Delantero	Tambor	
Posterior	Tambor	
Sistema de control	ABS + ASR + EBD + ESC	
Freno de estacionamiento	Manual	
Freno auxiliar	Regenerativo / carga de baterías.	

Carrocería	Especificaciones	
Estilo de carrocería	Simple	
Cinturón de seguridad 3 puntos	SI	
Baterías baja tensión	12 V	
Audio MP3 /USB	SI	
Sensores de reversa	SI	
A/C	SI	
Nebuleros	SI	
Cierre centralizado y vidrios eléctricos	SI	
Mandos de radio al volante	SI	

(*) Homologado para (carga liviana)

Dimensiones:

Aplicaciones:

TALLERES ESPECIALIZADOS

REPUESTOS ORIGINALES

ENERGIZADA Y PINTURA

CAPACITACIONES PERMANENTES

1800 628372 | grupomavesa.com.ec | Siguenos: [Social Media Icons]

Anexo 5. Ficha técnica del camión Dongfeng eCargo 2,3T.



CONFIGURACIÓN MOTOR	Eléctrico / Trifásico	LARGO (MM)	5300 mm
POTENCIA MOTOR (WATTS NOMINAL)	40kW / 53.64 HP	ANCHO (MM)	1650 mm
POTENCIA MOTOR (WATTS MÁXIMO)	80kW /107HP	ALTURA (MM)	1963 mm
TORQUE MÁXIMO	550 Nm	DISTANCIA ENTRE EJES (MM)	2800 mm
MAX RPM MOTOR	5000 Rpm	VOLADIZO DELANTERO (MM)	1180 mm
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	Agua	VOLADIZO POSTERIOR (MM)	1320 mm
VELOCIDAD MÁXIMA	90 km/h	TROCHA DELANTERA (MM)	1465 mm
SISTEMA DE CARGA PORTÁTIL	6.6kW, 220V	TROCHA TRASERA (MM)	1222 mm
ESPECIFICACIÓN BATERÍA	379.06V / 129Ah	ALTURA AL PISO (MM)	180 mm
TIPO DE BATERÍA	Litio – Hierro – Fosfato	PESO EN SECO(KG)	1700 kg
CAPACIDAD DE LA BATERÍA (KWH)	48.97kWh	CARGA MÁXIMA (KG)	2300 kg
VIDA ÚTIL BATERÍA (CICLOS DE CARGA COMPLETA)	2500		
BATERIA REMOVIBLE	NO		
FRENO REGENERATIVO	SI		
TIEMPO DE CARGA	8-10horas		
AUTONOMÍA	220 km		
VELOCIDAD MÁXIMA	90 km/h		

Anexo 6. Ficha técnica del camión Mitsubishi Canter Fuso 2023.





CANTER
FE71CB8LGPA 2.6 TON



DATOS GENERALES		PESOS Y DIMENSIONES		SEGURIDAD	
Combustible	Diésel	Largo total (mm)	4675	Asientos butaca (Conductor & Pasajero)	•
Capacidad tanque combustible (Lts)	70	Ancho total (mm)	1695	Cinturón de seguridad de tres Puntos	•
Motor	4.2 Lts	Alto total (mm)	2055	Alarma de retroceso	•
Cilindros	4	Distancia entre ejes (mm)	2500	Frenos de tambor Delanteros traseros	•
Válvulas	8	Chasis aprovechable (mm)	3095	Freno auxiliar Al Escape	•
Potencia HP	119@3200	Radio mínimo de giro (mts)	5.1		
Torque Nm	304@1600	Capacidad de gradiente	60%		
Pasajeros	3	Voltaje	24		
Llantas delanteras	7.50R15LT12P.R	Amperaje	52		
Llantas traseras	7.50R15LT12P.R	Peso bruto (kg)	4400		
Dirección hidráulica	•	Peso en vacío (kg)	1780		
Columna dirección ajustable	•	Capacidad de carga (kg)	2620		
Suspensión de hojas de resorte	•	Capacidad de carga eje delantero (kg)	1960		
		Capacidad de carga eje trasero (kg)	2560		

CARACTERÍSTICAS EXTERNAS	
Cabina de volteo	•
Limpiaparabrisas	•
Luces principales de halógeno	•
Grada acceso cabina	•

CARACTERÍSTICAS INTERNAS	
Tapicería tela microfibra	•
Piso alfombrado	•
Porta bebidas en consola	•
Palanca de cambios de recorrido corto	•
Calefacción	•
Sistema de audio AM/FM - CD - USB	•

UN CAMIÓN CON EFICIENTE CONSUMO Y ADEMÁS CON UN COSTO DE FUNCIONAMIENTO INFERIOR.

NOTA: Las características técnicas descritas en esta ficha están sujetas a cambios sin previo aviso. Fotos con carácter ilustrativo, no incluyen carrocería.


4000-8000


www.fusocr.com



VeinsaComercial

Anexo 7. Artículos del NEC utilizados.

A continuación, se muestran artículos, tablas y figuras de ciertas secciones del NEC (capturas de pantalla) que fueron utilizados para los cálculos de la propuesta de infraestructura eléctrica mostrados en el Apéndice D.

(1) **Generalidades.** Los conductores de circuitos ramales deben tener una ampacidad no menor que la carga máxima que van a alimentar. Los conductores se deben dimensionar

para transportar un valor no menor del mayor valor establecido en 210.19(A)(1)(a) o (b).

(a) Donde un circuito ramal alimenta cargas continuas o cualquier combinación de cargas continuas y no continuas, el calibre mínimo del conductor del circuito ramal debe tener una ampacidad permitida no menor que la carga no continua más el 125% de la carga continua.

Tabla 310.15(B)(2)(a) Factores de corrección de temperatura ambiente basada en 30°C (86°F)

Para temperaturas ambientes distintas a 30°C (86°F), multiplique las ampacidades permisibles especificadas en las tablas de ampacidad por el factor de corrección apropiado mostrado a continuación.				
Temperatura ambiente (°C)	Temperatura nominal del conductor			Temperatura ambiente (°F)
	60°C	75°C	90°C	
10 o menos	1.29	1.20	1.15	50 o menos
11–15	1.22	1.15	1.12	51–59
16–20	1.15	1.11	1.08	60–68
21–25	1.08	1.05	1.04	69–77
26–30	1.00	1.00	1.00	78–86
31–35	0.91	0.94	0.96	87–95
36–40	0.82	0.88	0.91	96–104
41–45	0.71	0.82	0.87	105–113
46–50	0.58	0.75	0.82	114–122
51–55	0.41	0.67	0.76	123–131
56–60	—	0.58	0.71	132–140
61–65	—	0.47	0.65	141–149
66–70	—	0.33	0.58	150–158
71–75	—	—	0.50	159–167
76–80	—	—	0.41	168–176
81–85	—	—	0.29	177–185

625.40 Protección contra sobrecorriente. El dispositivo de protección contra sobrecorriente para los alimentadores y circuitos ramales de los equipos de alimentación para vehículos eléctricos, debe dimensionarse para régimen continuo y debe tener una capacidad nominal no menor al 125 por ciento de la carga máxima del equipo de alimentación para vehículos eléctricos. Cuando haya cargas no continuas conectadas al mismo alimentador o circuito ramal, el valor nominal del dispositivo de protección contra sobrecorriente no debe ser menor a la suma de todas las cargas no continuas más el 125 por ciento de las cargas continuas.

240.6 Valores en amperes nominales normalizados.

(A) Fusibles e ruptores de circuito de disparo fijo. Los valores en amperes nominales normalizados de los fusibles e interruptor automático de tiempo inverso, son: 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45,

50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 1000, 1200, 1600, 2000, 2500, 3000, 4000, 5000 y 6000 amperes. Los valores en amperes nominales normalizadas adicionales para fusibles deben ser de 1, 3, 6, 10 y 601. Debe permitirse el uso de fusibles e ruptores de circuito de tiempo inverso con valores nominales en amperes no normalizadas.

Tabla 310.15(B)(16) (antes Tabla 310.16) Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones nominales de hasta e incluyendo 2000 volts y 60° C a 90° C (140° F a 194° F). No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o tierra (enterrados directamente), basadas en una temperatura ambiente de 30° C (86° F)*.

Calibre AWG o kcmil	Temperatura nominal del conductor [Ver Tabla 310.104(A).]						Calibre AWG o kcmil
	60° C (140° F)	75° C (167° F)	90° C (194° F)	60° C (140° F)	75° C (167° F)	90° C (194° F)	
	Tipos TW, UF		Tipos TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	Tipos TW, UF	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE	Tipos TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			
18**	—	—	14	—	—	—	—
16**	—	—	18	—	—	—	—
14**	15	—	20	—	—	—	—
12**	20	25	30	15	20	25	12**
10**	30	35	40	25	30	35	10**
8	40	50	55	35	40	45	8
6	55	65	75	40	50	55	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	115	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	145	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	195	230	260	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400
500	320	380	430	260	310	350	500
600	350	420	475	285	340	385	600
700	385	460	520	315	375	425	700
750	400	475	535	320	385	435	750
800	410	490	555	330	395	445	800
900	435	520	585	355	425	480	900
1000	455	545	615	375	445	500	1000
1250	495	590	665	405	485	545	1250
1500	525	625	705	435	520	585	1500
1750	545	650	735	455	545	615	1750
2000	555	665	750	470	560	630	2000

*Ver sección 310.15(B)(2) para los factores de corrección de la ampacidad cuando la temperatura ambiente es distinta a 30° C (86° F)

**Ver sección 240.4(D) para limitaciones de protección contra sobrecorriente del conductor.

Tabla 250.122 Calibre mínimo de conductores de puesta a tierra de equipos para puesta a tierra de canalizaciones y equipos.

Valor nominal o ajuste de dispositivos automáticos contra sobrecorriente en circuitos antes del equipo, conducto, etc., sin exceder (Amperes)	Calibre (AWG o kcmil)	
	Cobre	Aluminio o aluminio recubierto de cobre ^o
15	14	12
20	12	10
60	10	8
100	8	6
200	6	4
300	4	2
400	3	1
500	2	1/0
600	1	2/0
800	1/0	3/0
1000	2/0	4/0
1200	3/0	250
1600	4/0	350
2000	250	400
2500	350	600
3000	400	600
4000	500	750
5000	700	1200
6000	800	1200

Nota: Cuando sea necesario cumplir con la sección 250.4(A)(5) o (B)(4), el conductor de puesta a tierra del equipo debe ser dimensionado con un calibre mayor que el dado en esta Tabla.

*Véanse las restricciones de instalación en la sección 250.120.

Tabla 4 Dimensiones y área porcentual de conductos y tuberías (áreas de conductos o tuberías para las combinaciones de cables permitidas en la Tabla 1, Capítulo 9)

Artículo 358 — Tubería metálica eléctrica (EMT)													
Designador métrico	Tamaño comercial	Más de 2 cables 40%		60%		1 cable 53%		2 cables 31%		Diámetro interno nominal		Área total 100%	
		mm ²	pulg. ²	mm ²	pulg. ²	mm ²	pulg. ²	mm ²	pulg. ²	mm	pulg.	mm ²	pulg. ²
16	½	78	0.122	118	0.182	104	0.161	61	0.094	15.8	0.622	196	0.304
21	¾	137	0.213	206	0.320	182	0.283	106	0.165	20.9	0.824	343	0.533
27	1	222	0.346	333	0.519	295	0.458	172	0.268	26.6	1.049	556	0.864
35	1¼	387	0.598	581	0.897	513	0.793	300	0.464	35.1	1.380	968	1.496
41	1½	526	0.814	788	1.221	696	1.079	407	0.631	40.9	1.610	1314	2.036
53	2	866	1.342	1299	2.013	1147	1.778	671	1.040	52.5	2.067	2165	3.356
63	2½	1513	2.343	2270	3.515	2005	3.105	1173	1.816	69.4	2.731	3783	5.858
78	3	2280	3.538	3421	5.307	3022	4.688	1767	2.742	85.2	3.356	5701	8.846
91	3½	2980	4.618	4471	6.927	3949	6.119	2310	3.579	97.4	3.834	7451	11.545
103	4	3808	5.901	5712	8.852	5046	7.819	2951	4.573	110.1	4.334	9521	14.753

Tabla 5 (Continuación)

Tipo	Calibre (AWG o kcmil)	Área aproximada		Diámetro aproximado	
		mm ²	pulg. ²	mm	pulg.
Tipo: RHH*, RHW*, RHW-2*, THHN, THHW, THW, THW-2, TFN, TFFN, THWN, THWN-2, XF, XFF					
RHH*, RHW*, RHW-2*, XF, XFF	10	21.48	0.0333	5.232	0.206
RHH*, RHW*, RHW-2*	8	35.87	0.0556	6.756	0.266
TW, THW, THHW, THW-2, RHH*, RHW*, RHW-2*	6	46.84	0.0726	7.722	0.304
	4	62.77	0.0973	8.941	0.352
	3	73.16	0.1134	9.652	0.380
	2	86.00	0.1333	10.46	0.412
	1	122.6	0.1901	12.50	0.492
	1/0	143.4	0.2223	13.51	0.532
	2/0	169.3	0.2624	14.68	0.578
	3/0	201.1	0.3117	16.00	0.630
	4/0	239.9	0.3718	17.48	0.688
	250	296.5	0.4596	19.43	0.765
	300	340.7	0.5281	20.83	0.820
	350	384.4	0.5958	22.12	0.871
	400	427.0	0.6619	23.32	0.918
	500	509.7	0.7901	25.48	1.003
	600	627.7	0.9729	28.27	1.113
	700	710.3	1.1010	30.07	1.184
	750	751.7	1.1652	30.94	1.218
	800	791.7	1.2272	31.75	1.250
	900	874.9	1.3561	33.38	1.314
	1000	953.8	1.4784	34.85	1.372
1250	1200	1.8602	39.09	1.539	
1500	1400	2.1695	42.21	1.662	
1750	1598	2.4773	45.11	1.776	
2000	1795	2.7818	47.80	1.882	
TFN, TFFN	18	3.548	0.0055	2.134	0.084
	16	4.645	0.0072	2.438	0.096
THHN, THWN, THWN-2	14	6.258	0.0097	2.819	0.111
	12	8.581	0.0133	3.302	0.130
	10	13.61	0.0211	4.166	0.164
	8	23.61	0.0366	5.486	0.216
	6	32.71	0.0507	6.452	0.254
	4	53.16	0.0824	8.230	0.324
	3	62.77	0.0973	8.941	0.352
	2	74.71	0.1158	9.754	0.384
	1	100.8	0.1562	11.33	0.446
	1/0	119.7	0.1855	12.34	0.486
	2/0	143.4	0.2223	13.51	0.532
	3/0	172.8	0.2679	14.83	0.584
	4/0	208.8	0.3237	16.31	0.642
	250	256.1	0.3970	18.06	0.711
	300	297.3	0.4608	19.46	0.766

(Continúa)

Tabla 9 Resistencia y reactancia en corriente alterna para los cables para 600 volts, 3 fases a 60 Hz y 75°C (167°F) — Tres conductores individuales en un conducto

Calibre (AWG o kcmil)	Ohms al neutro por kilómetro														Calibre (AWG o kcmil)
	Ohms al neutro por 1000 pies														
	X _c (Reactancia) para todos los alambres		Resistencia en corriente alterna para alambres de cobre sin recubrir			Resistencia en corriente alterna para alambres de aluminio			Z eficaz a 0.85 PF para alambres de cobre sin recubrir			Z eficaz a 0.85 PF para alambres de aluminio			
Conductor de PVC o Aluminio	Conductor de acero	Conductor de PVC	Conductor de aluminio	Conductor de acero	Conductor de PVC	Conductor de aluminio	Conductor de acero	Conductor de PVC	Conductor de aluminio	Conductor de acero	Conductor de PVC	Conductor de aluminio	Conductor de acero	Conductor de PVC	
14	0.190 0.058	0.240 0.073	10.2 3.1	10.2 3.1	10.2 3.1	—	—	—	8.9 2.7	8.9 2.7	8.9 2.7	—	—	—	14
12	0.177 0.054	0.223 0.068	6.6 2.0	6.6 2.0	6.6 2.0	10.5 3.2	10.5 3.2	10.5 3.2	5.6 1.7	5.6 1.7	5.6 1.7	9.2 2.8	9.2 2.8	9.2 2.8	12
10	0.164 0.050	0.207 0.063	3.9 1.2	3.9 1.2	3.9 1.2	6.6 2.0	6.6 2.0	6.6 2.0	3.6 1.1	3.6 1.1	3.6 1.1	5.9 1.8	5.9 1.8	5.9 1.8	10
8	0.171 0.052	0.213 0.065	2.56 0.78	2.56 0.78	2.56 0.78	4.3 1.3	4.3 1.3	4.3 1.3	2.26 0.69	2.26 0.69	2.30 0.70	3.6 1.1	3.6 1.1	3.6 1.1	8
6	0.167 0.051	0.210 0.064	1.61 0.49	1.61 0.49	1.61 0.49	2.66 0.81	2.66 0.81	2.66 0.81	1.44 0.44	1.48 0.45	1.48 0.45	2.33 0.71	2.36 0.72	2.36 0.72	6
4	0.157 0.048	0.197 0.060	1.02 0.31	1.02 0.31	1.02 0.31	1.67 0.51	1.67 0.51	1.67 0.51	0.95 0.29	0.95 0.29	0.98 0.30	1.51 0.46	1.51 0.46	1.51 0.46	4
3	0.154 0.047	0.194 0.059	0.82 0.25	0.82 0.25	0.82 0.25	1.31 0.40	1.35 0.41	1.31 0.40	0.75 0.23	0.79 0.24	0.79 0.24	1.21 0.37	1.21 0.37	1.21 0.37	3
2	0.148 0.045	0.187 0.057	0.62 0.19	0.66 0.20	0.66 0.20	1.05 0.32	1.05 0.32	1.05 0.32	0.62 0.19	0.62 0.19	0.66 0.20	0.98 0.30	0.98 0.30	0.98 0.30	2
1	0.151 0.046	0.187 0.057	0.49 0.15	0.52 0.16	0.52 0.16	0.82 0.25	0.85 0.26	0.82 0.25	0.52 0.16	0.52 0.16	0.52 0.16	0.79 0.24	0.79 0.24	0.82 0.25	1
1/0	0.144 0.044	0.180 0.055	0.39 0.12	0.43 0.13	0.39 0.12	0.66 0.20	0.69 0.21	0.66 0.20	0.43 0.13	0.43 0.13	0.43 0.13	0.62 0.19	0.66 0.20	0.66 0.20	1/0
2/0	0.141 0.043	0.177 0.054	0.33 0.10	0.33 0.10	0.33 0.10	0.52 0.16	0.52 0.16	0.52 0.16	0.36 0.11	0.36 0.11	0.36 0.11	0.52 0.16	0.52 0.16	0.52 0.16	2/0
3/0	0.138 0.042	0.171 0.052	0.253 0.077	0.269 0.082	0.259 0.079	0.43 0.13	0.43 0.13	0.43 0.13	0.289 0.088	0.302 0.092	0.308 0.094	0.43 0.13	0.43 0.13	0.46 0.14	3/0
4/0	0.135 0.041	0.167 0.051	0.203 0.062	0.220 0.067	0.207 0.063	0.33 0.10	0.36 0.11	0.33 0.10	0.243 0.074	0.256 0.078	0.262 0.080	0.36 0.11	0.36 0.11	0.36 0.11	4/0
250	0.135 0.041	0.171 0.052	0.171 0.052	0.187 0.057	0.177 0.054	0.279 0.085	0.295 0.090	0.282 0.086	0.217 0.066	0.230 0.070	0.240 0.073	0.308 0.094	0.322 0.098	0.33 0.10	250
300	0.135 0.041	0.167 0.051	0.144 0.044	0.161 0.049	0.148 0.045	0.233 0.071	0.249 0.076	0.236 0.072	0.194 0.059	0.207 0.063	0.213 0.065	0.269 0.082	0.282 0.086	0.289 0.088	300
350	0.131 0.040	0.164 0.050	0.125 0.038	0.141 0.043	0.128 0.039	0.200 0.061	0.217 0.066	0.207 0.063	0.174 0.053	0.190 0.058	0.197 0.060	0.240 0.073	0.253 0.077	0.262 0.080	350
400	0.131 0.040	0.161 0.049	0.108 0.033	0.125 0.038	0.115 0.035	0.177 0.054	0.194 0.059	0.180 0.055	0.161 0.049	0.174 0.053	0.184 0.056	0.217 0.066	0.233 0.071	0.240 0.073	400
500	0.128 0.039	0.157 0.048	0.089 0.027	0.105 0.032	0.095 0.029	0.141 0.043	0.157 0.048	0.148 0.045	0.141 0.043	0.157 0.048	0.164 0.050	0.187 0.057	0.200 0.061	0.210 0.064	500
600	0.128 0.039	0.157 0.048	0.075 0.023	0.092 0.028	0.082 0.025	0.118 0.036	0.135 0.041	0.125 0.038	0.131 0.040	0.144 0.044	0.154 0.047	0.167 0.051	0.180 0.055	0.190 0.058	600
750	0.125 0.038	0.157 0.048	0.062 0.019	0.079 0.024	0.069 0.021	0.095 0.029	0.112 0.034	0.102 0.031	0.118 0.036	0.131 0.040	0.141 0.043	0.148 0.045	0.161 0.049	0.171 0.052	750
1000	0.121 0.037	0.151 0.046	0.049 0.015	0.062 0.019	0.059 0.018	0.075 0.023	0.089 0.027	0.082 0.025	0.105 0.032	0.118 0.036	0.131 0.040	0.128 0.039	0.138 0.042	0.151 0.046	1000

215.2 Valor nominal y calibres mínimos.

(A) Alimentadores a no más de 600 volts.

(1) **Generalidades.** Los conductores de los alimentadores deben tener una ampacidad no menor que la requerida para alimentar la carga, según lo calculado en las Partes III, IV y V del Artículo 220. Los conductores deben estar dimensionados para transportar no menos que el valor más alto de los especificados en 215.2(A)(1)(a) o (b).

(a) Donde un alimentador abastece cargas continuas o cualquier combinación de cargas continuas y no continuas, el calibre mínimo del conductor del alimentador debe tener una ampacidad permitida no menor que la carga no continua más el 125% de la carga continua.

Tabla 450.3(A) Valor nominal o ajuste máximo de la protección contra sobrecorriente para transformadores de más de 1000 volts (como porcentaje de la corriente nominal del transformador)

Limitaciones del lugar	Impedancia nominal del transformador	Protección secundaria (ver Nota 2.)				
		Protección primaria de más de 1000 volts		Más de 1000 volts		1000 volts o menos
		Interruptor automático (ver Nota 4.)	Valor nominal del fusible	Interruptor automático (ver Nota 4.)	Valor nominal del fusible	Valor nominal del Interruptor automático o del fusible
Cualquier lugar	No más del 6%	600% (ver Nota 1.)	300% (ver Nota 1.)	300% (ver Nota 1.)	250% (ver Nota 1.)	125% (ver Nota 1.)
	Más del 6% y no más del 10%	400%	300% (ver Nota 1.)	250% (ver Nota 1.)	225% (ver Nota 1.)	125% (ver Nota 1.)
Lugares supervisados únicamente (ver Nota 3.)	Cualquiera	300% (ver Nota 1.)	250% (ver Nota 1.)	No requerido	No requerido	No requerido
	No más del 6%	600%	300%	300% (ver Nota 5.)	250% (ver Nota 5.)	250% (ver Nota 5.)
	Más del 6% y no más del 10%	400%	300%	250% (ver Nota 5.)	225% (ver Nota 5.)	250% (ver Nota 5.)

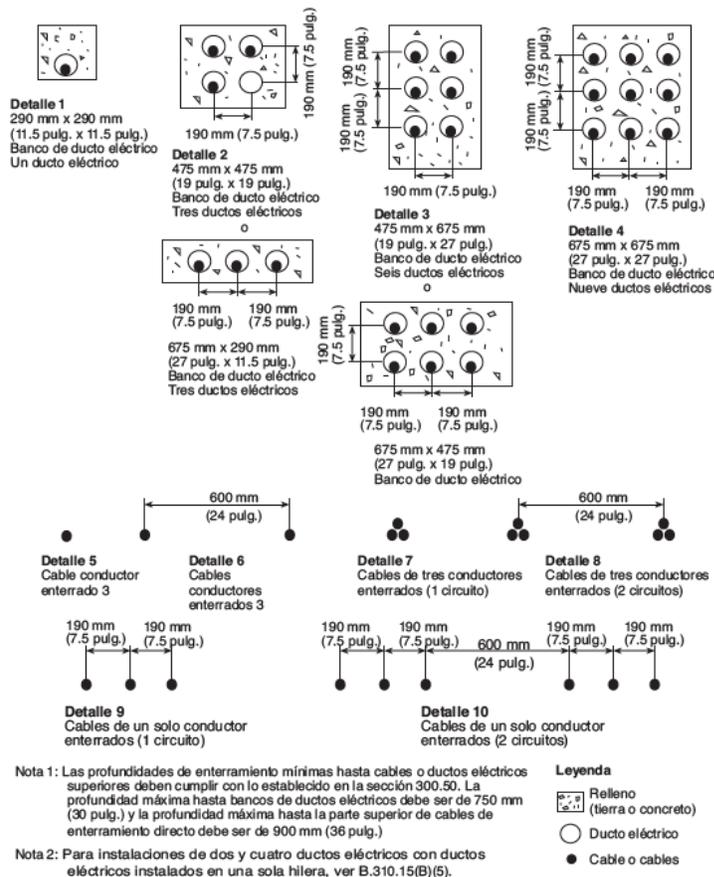


FIGURA B.310.15(B)(2)(2) Dimensiones de las instalaciones de cables para usar con las Tablas B.310.15(B)(2)(5) hasta B.310.15(B)(2)(10)

Anexo 8. Dispositivos eléctricos por utilizar.

En este anexo se muestran algunos de los dispositivos o elementos requeridos para la propuesta de instalación eléctrica con el fin de ilustrar como lucen cada uno de ellos, así como su precio a día de hoy para elaborar un presupuesto estimado del costo de la instalación eléctrica requerida. Se utilizó información de páginas de tiendas de este tipo de dispositivos como lo son IESAc, EPA, Schneider Electric, Summatel, entre otros. Se aclara que, aunque los precios sean brindados en distintas divisas para el análisis económico realizado se tomaron sus respectivos equivalentes en dólares.



Inversor de frecuencia Variable Solar, 220v, 2,2 kW, VFD, 400Hz, 10A, VFD, entrada de DC200-400V, 3HP

GTQ 841.31

Figura 18. Inversor DC/AC para alimentación de motor de inducción.



**TOMA EMPOTRAR ENTRADA RECTA 3P
4H 50A 125/250V NEMA 14-50R 279-
S00**

TOMA DE EMPOTRAR INDUS ENT RECTA 3P 4H 50A 125/250V NEMA
14-50R 279

Código de proveedor: 279-S00

₡ 3,603.80 c/IVA

Figura 19. Tomacorriente Tipo NEMA 14-50R de Grupo IESA Costa Rica.

CORPORACION SUMMATEL S. A.

Proforma #: 00118800

Ced. Jurídica: 3-101-492990
CONDominio INDUSTRIAL PAVAS BODEGA No. 29

Condiciones: Contado
Tiempo de Entrega: Inmediata
Vigencia de la Oferta: 5 DIAS
Vendedor: Jorge Chaves Burgos
Fecha: 02/05/2023

Teléfono: 2232-8181 Fax: 2291-8602

Atención:
Cliente: 100000 Juan Picado
Dirección:

Página: 1 de 1

Cantida	Bo	Código	Descripción del Producto	Precio Unitario	Precio Total
1.00	01	9497	Transf. Ped. Mon. 100kVA 34.5/19.9kV-240/120V Inox	8,000.00	8,000.00
1.00	01	*	Garantía de 2 años	0.00 *	0.00
1.00	01	*	Marca INATRA	0.00 *	0.00

** Ultima Linea **

Sub Total: 8,000.00
Descuento: 0.00
Impuesto de Ventas: 1,040.00
Monto Total: \$ 9,040.00

Firma Responsable: _____

Figura 20. Cotización del transformador INATRA de Corporación SUMMATEL Costa Rica.



Square D de Schneider Electric QO245CP QO
Interruptor de circuito de dos polos de 45 amperios

Nº de artículo: 12980587

CRC 24497 ~~CRC-31442~~

Figura 21. Disyuntor de 45 A / 2 P de Schneider Electric.



Siemens Interruptor Termomagnético
600V 600 Amps S-Zapatas SKU:
LXD63B600

por SIEMENS

\$ 20,552.39

Figura 22. Disyuntor de 600 A / 2 P de Siemens.



CENTRO DE CARGA CH DE EMPOTRAR 24P CON
IP 200A 1 FASE CHP24B200X5PF

¢ 208,974.06 c/IVA



Figura 23. Tablero o centro de carga Eaton de Grupo IESA Costa Rica.

Anexo 9. Componentes del sistema de refrigeración de la flotilla actual.



Figura 24. Tipo de conector de 220V presente tanto en el camión (derecha) como en la instalación eléctrica del predio (izquierda).

INDUCTION MOTOR			
PHASE	1	Model	322031HN
kW	2.2	Frame	100L
Volts	220	V ENCL	IP 55
Amp	12.5	A Ins	F
Hertz	60	Hz Rating	S1
Pf	99	% Std	IEC60034-1
r/min	1710		
App.W	24	kg	Serial No: F529002
HWA SUNG THERMO 03155-7972			

Figura 25. Placa de identificación del motor de inducción del sistema auxiliar accionador del sistema de refrigeración.