



# INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero**

**Automotriz**

**Autor:** Wimper Hernán Morán López

**Tutor:** Ing. Fernando Gómez, MsC.

**Análisis Comparativo del Rendimiento entre el Montacargas de  
Combustión y Eléctrico**

**Guayaquil-Ecuador |2023**



### **Certificado de Autoría**

Yo, Wimper Hernán Morán López, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada. Cedo los derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

---

Wimper Hernán Morán López

### **Aprobación del Tutor**

Yo, Fernando Gómez Berrezueta certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo responsable exclusivo de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

---

Ing. Fernando Gómez Berrezueta, MsC.

Director de Proyecto

## **Dedicatoria**

El presente trabajo lo dedico a toda mi familia y amigos, quienes siempre estuvieron ahí para apoyarme. En especial a mis padres.

*Wimper Morán López.*

## **Agradecimiento**

Quiero iniciar agradeciendo a Dios por permitirme concluir con éxitos mi carrera profesional. Agradezco a toda mi familia y de manera especial a mi esposa e hijos por ser pilares fundamentales para conseguir este título profesional.

*¡¡Muchas gracias!!*

**Resumen**

Dedicatoria.....	v
Agradecimiento .....	vi
Resumen .....	xiv
Abstract.....	xv
Introducción.....	xvi
Capítulo I.....	1
Antecedentes.....	1
1.1 Planteamiento del Problema .....	1
1.2 Formulación del Problema.....	1
1.3 Sistematización del Problema.....	2
1.4 Ubicación del Problema.....	2
1.5 Delimitación del Contenido.....	2
1.6 Justificación y Delimitación .....	3
1.6.1 Justificación Teórica.....	3
1.6.2 Justificación Metodológica.....	3
1.6.3 Justificación Práctica .....	4
1.7 Objetivo General.....	5
1.8 Objetivos Específicos .....	5
1.9 Alcance .....	5
Capítulo II.....	6

Marco Teórico .....	6
2.1 Logística .....	6
2.2 Procesos Logísticos .....	8
2.3 Tipos de Logística .....	9
2.4 Montacargas .....	10
2.5 Características de los Montacargas.....	12
2.6 Logística y Movimiento de Cargas.....	12
2.7 Tipos de Montacargas.....	13
2.8 Transportación .....	14
2.9 Utilidad de Montacargas.....	15
2.9.1 Consideraciones Técnicas del Uso de Montacargas.....	17
2.9.2 Consideraciones Ambientales del Uso de Montacargas.....	17
2.9.3 Consideraciones Económicas del Uso de Montacargas .....	18
Capítulo III .....	20
Metodología Aplicada .....	20
3.1 Métodos .....	20
3.2 Tipos de Estudio .....	21
3.2.1 Investigación Bibliográfica .....	21
3.2.2 Investigación Descriptiva .....	22
3.2.3 Investigación Aplicada .....	23
3.3 Enfoque.....	24



3.4 Técnicas de Investigación.....	26
Capítulo IV .....	28
Análisis Comparativo de Montacargas de Combustión y Eléctrico .....	28
4.2 Resultados.....	28
4.2.1 Resultados del Análisis Documental .....	28
4.2.2 Resultados de la Investigación de Campo .....	31
4.2.3 Montacarga Eléctrico.....	45
4.2.4 Montacargas a Combustión .....	47
4.2.5 Análisis QFD .....	53
4.2.6. Descripción del Contenido de la Matriz QFD (Metodología).....	59
4.2.7 Encuesta (Matriz QFD - Voz del Cliente (VOC) .....	60
4.2.8 Análisis de Rendimiento de Montacarga de Combustión vs Eléctrico .....	64
Conclusiones.....	66
Recomendaciones .....	67
Bibliografía.....	68

## Índice de Figuras

Figura 1 Partes de un Montacargas .....	11
Figura 2 Tipos de Montacargas .....	13
Figura 3 Gráfica de Posicionamiento del Mercado de Montacargas Eléctricos vs Combustión .....	18
Figura 4 Gráfica de Posicionamiento del Mercado de Montacargas Eléctricos vs Combustión .....	19
Figura 5 Gasto Mensual de Combustible .....	33
Figura 6 Costo Energético.....	46
Figura 7 Expectativa de Vida de Montacargas (Años) .....	50
Figura 8 Expectativa de Vida de Baterías (Meses) .....	51
Figura 9 Matriz QFD.....	54
Figura 10 Matriz QFD.....	56
Figura 11 Descripción del QFD principal .....	57
Figura 12 Matriz QFD de Metodología.....	58
Figura 13 Matriz de Metodología QFD.....	58
Figura 14 Resultado Cuestionario de la Matriz QFD.....	62
Figura 15 Análisis de Rendimiento de Montacarga de Combustión vs Eléctrico.....	65

## Índice de Tablas

Tabla 1 Características de los Montacargas .....	13
Tabla 2 Comparativo de Rendimiento Entre Montacargas Eléctricos y Combustión.....	32
Tabla 3 <i>Costo de Mantenimiento de Montacargas Eléctrico vs Combustión</i> .....	34
Tabla 4 <i>Consumo de Ruedas de Montacargas Eléctrico vs Combustión</i> .....	34
Tabla 5 Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (CA. aceite de motor 10W30 (litros)).....	34
Tabla 6 Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C_Aceite de transmisión caja (litros) SAE 30).....	35
Tabla 7 Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C_Aceite de transmisión corona(litros)).....	35
Tabla 8 Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C_Aceite hidráulico Mobile 424 (litros)).....	35
Tabla 9 Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C_Banda de motor) .....	36
Tabla 10 Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C_Cap hydraulic) .....	36
Tabla 11 Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C_Desengrasante).....	36
Tabla 12 Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C_Filter (Breather))...	36
Tabla 13 Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C_Filtro de Aceite motor) .....	37
Tabla 14 Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C_Filtro d .....	37
Tabla 15 Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C_Filtro de transmisión) .....	37
Tabla 16 Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C_Filtro hidráulico)...	38
Tabla 17 Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C_Grasa (libra)).....	38
Tabla 18 Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C_Grasa en Spray).....	38

Tabla 19 Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C_Kit de bujías).....	38
Tabla 20 Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C_Líquido de freno (litro)) .....	39
Tabla 21 Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C_Mano de Obra).....	39
Tabla 22 Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C_Penetrante) .....	39
Tabla 23 Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C_Refrigerante (Galon)) .....	40
Tabla 24 Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C_Seal Hub) .....	40
Tabla 25 Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C_Strainer Assembly)	40
Tabla 26 Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (E_Aceite EP 80W90)	41
Tabla 27 Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (E_Aceite Hidráulico ISO46).....	41
Tabla 28 Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (E_Cartucho Filtrante)	41
Tabla 29 Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (E_Filtro) .....	42
Tabla 30 Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (E_Filtro de Ventilación) .....	42
Tabla 31 Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (E_Grasa 62EP) .....	42
Tabla 32 Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (E_Grasa en Spray).....	43
Tabla 33 Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (E_Limpiador de Batería) .....	43
Tabla 34 Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (E_Limpiador Desengrasante) .....	43
Tabla 35 Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (E_Mano de Obra) .....	44
Tabla 36 Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (E_Penetrante en Spray) .....	44

Tabla 37 Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (E_Spray limpiador de Contacto Eléctrico).....	44
Tabla 38 Detalle por Insumos de Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (Total General) .....	47
Tabla 39 Costo de Posición.....	49
Tabla 40 Costo Anual del Combustible/Energía.....	51
Tabla 41 Costo Anual de Mantenimiento .....	52
Tabla 42 Costo Anual Total .....	52
Tabla 43 Criterio Decisión de Montacarga .....	53
Tabla 44 Encuesta (Matriz QFD) .....	61

## Resumen

El presente estudio tiene como enfoque principal el análisis comparativo entre el rendimiento del montacargas a combustión y el montacargas eléctrico, siendo su finalidad exponer las características de los montacargas eléctricos, analizando sus ventajas y desventajas para lograr identificar el éxito frente a otros montacargas que usen otras fuentes de energía diferentes a la eléctrica. El trabajo persigue desarrollar un análisis comparativo del rendimiento del montacargas eléctrico en comparación al montacargas de combustión para facilitar una selección que permita la optimización de recursos en el sector productivo. El estudio utilizó una metodología de investigación de tipo bibliográfica, descriptiva y aplicada que permitió obtener información de primera mano respecto a los montacargas usados. Se estableció que el uso de montacargas eléctricos aporta significativamente a la preservación del medio ambiente al no hacer uso de derivados de petróleo y reducción el nivel de gastos. Los montacargas de combustión utilizan gasolina, cuyo valor anual es alto mientras que un montacargas eléctrico posee una menor tarifa energética. El valor de mantenimiento es similar, obteniendo un valor para los montacargas de combustión es mucho más elevado, mientras que el montacarga eléctrico tiene un valor menor de mantenimiento, estableciendo que los montacargas eléctricos son más rentables y eficientes para las empresas. Se realizó una matriz QFD, para identificar las áreas en las que los montacargas de combustión y eléctricos cumplen o no con las necesidades del cliente. Esto permitió ver oportunidades de mejora para cada tipo de montacargas, ayudando a enfocar los esfuerzos en la satisfacción de las expectativas del cliente.

***Palabras Clave:*** Análisis, Rendimiento, Montacargas, Combustión, Eléctrico, QFD.

### **Abstract**

The main focus of this study is the comparative analysis between the performance of the combustion forklift and the electric forklift, with the objective to assess the characteristics of electric forklifts, analyzing their advantages and disadvantages in order to identify their success compared to other forklifts that use other sources of energy other than electricity. The work aims to develop a comparative analysis of the performance of the electric forklift compared to the combustion forklift to facilitate a selection that allows the optimization of resources in the productive sector. The study employed a bibliographic, descriptive and applied research methodology that allowed obtaining first-hand information about the forklifts used. It was established that the use of electric forklifts significantly contributes to the preservation of the environment by not making use of petroleum derivatives and lowering the level of expenses. Combustion forklifts use gasoline, which has a high annual value while an electric forklift has a lower energy rate. The maintenance value is similar, obtaining a value for combustion forklifts that is much higher, while the electric forklift has a lower maintenance value, establishing that electric forklifts are more profitable and efficient for businesses. A QFD matrix was performed to identify the areas in which combustion and electric forklifts meet or do not meet the customer's needs. This allowed to see opportunities for improvement for each type of forklift, helping to focus efforts on meeting customer expectations.

***Keywords:*** Analysis, Performance, Forklifts, Combustion, Electric, QFD

## Introducción

Los montacargas son maquinarias ampliamente empleadas en la mayoría de las empresas, siendo los más comunes aquellos que funcionan con motores de combustión interna. Sin embargo, con el avance de las tecnologías, los montacargas eléctricos están adquiriendo mayor protagonismo al ampliarse las posibilidades de su aplicación.

El objetivo principal del presente trabajo es desarrollar un análisis comparativo del rendimiento del montacargas eléctrico en comparación al montacargas de combustión que determine la selección de la mejor opción para la optimización de recursos en el sector productivo.

Este proyecto se guía bajo los lineamientos del método científico. Destacándose por ser una investigación de tipo bibliográfica, descriptiva, y aplicada. Pues no solo es una revisión de literatura, sino que se describen el diseño y ensamblaje de una maquinaria de alto impacto.

El desarrollo del presente trabajo final de graduación abarca principalmente lo siguiente:

En el capítulo I se explica la importancia de los montacargas en los procesos de producción en la actualidad, así como las clases y tipos de montacargas que existen. También se analizan las consideraciones necesarias para su correcta selección. Y las consideraciones específicas del caso motivo del presente trabajo.

En el capítulo II se desarrolla el análisis de cada uno de los costos involucrados en la posesión, operación y mantenimiento de los montacargas eléctricos vs los montacargas de combustión. Tanto de los equipos eléctricos como para los que utilizan motores de combustión interna. En el capítulo III se realiza la evaluación técnica de ambos tipos de montacargas. Finalmente, en el capítulo IV se presentan las conclusiones y recomendaciones del análisis realizado.



## **Capítulo I**

### **Antecedentes**

#### **1.1 Planteamiento del Problema**

Los montacargas son dispositivos especialmente contruidos para trasportar utilizando movimientos de diferentes niveles. Es una herramienta que se utiliza comúnmente en entornos industriales para facilitar el trabajo, su diseño y funcionamiento pueden variar para cumplir diferentes propósitos. Aunque su finalidad principal es mejorar la circulación y el movimiento dentro de espacios determinados.

La demanda de montacargas está creciendo a nivel mundial por la inestabilidad y volatilidad del precio del petróleo Krauss (2016), corresponsal de The New York Times, establece razones por las cuales otros mercados en el mundo del petróleo han afectado el precio en occidente, se puede observar que en el mercado surgen tendencias de precios que con los años y situaciones alternas se puede subir como bajar, la posibilidad de próxima escasez del gas, lo indeciso o fluctuoso que puede llegar hacer la futura seguridad del petróleo y la atención que puede generar por los problemas en el medio ambiente, han generado que en el mundo empiece a promover los montacargas eléctricos por sus beneficios e implementación en algunos países en donde se ve reflejado el éxito por sus características.

Los montacargas en la industria del mundo se han posicionado como una maquina necesarias en cuanta movilización y logística de elementos dentro de una fábrica o industria. Lo que la hace muy importante esta máquina en su eficiencia de trabajo remplazando la necesidad de varias personas u operarios para levantar una carga, logrando distribuir y organizar una carga y reducir costos en cuanto fuerza humana y espacio necesitado (Barreto, 2017).

#### **1.2 Formulación del Problema**

¿Cuál es la mejor opción en cuanto a rendimiento del montacargas eléctrico en

comparación al montacargas de combustión para la optimización de recursos en el sector productivo?

### **1.3 Sistematización del Problema**

- ¿Cuáles son las principales teorías en cuanto a la utilidad de los montacargas para las empresas del sector productivo?
- ¿Cuáles son las principales ventajas y desventajas de los montacargas de combustión y eléctricos?
- ¿Cuál es la percepción que tienen las empresas del sector productivo en cuanto a los montacargas eléctricos y a combustión?

### **1.4 Ubicación del Problema**

El presente estudio se desarrolla dentro de los límites geográficos de la ciudad de Guayaquil, Guayas, Ecuador. A su vez, los resultados finales del diseño de la investigación se delimitan geográficamente también a la ciudad de Guayaquil.

### **1.5 Delimitación del Contenido**

Este proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz se desarrolla a partir de un cronograma, que abarca desde el mes de octubre de 2022 hasta el mes de junio de 2023.

Los resultados finales del diseño de la investigación se delimitan geográficamente a la ciudad de Guayaquil, Guayas, Ecuador.

A través del primer capítulo, se marcan las bases del desarrollo del proyecto, estableciendo los fundamentos que ayudan a plantear la investigación, así como los objetivos que se planea conseguir al final de este. Seguido de un extenso marco teórico que permite esclarecer el contexto conceptual para la discusión de los temas de interés que se han establecido. También, para interés del lector, se añaden los antecedentes históricos que permite comprender la situación actual del problema de investigación.

## **1.6 Justificación y Delimitación**

### ***1.6.1 Justificación Teórica***

Importancia de la elección del tipo de montacargas: El uso de montacargas es ampliamente utilizado en diversas industrias y sectores para el manejo de carga y logística. La elección adecuada del tipo de montacargas puede tener un impacto significativo en la eficiencia operativa, los costos operativos y el impacto ambiental. Por lo tanto, realizar un análisis comparativo del rendimiento entre el montacargas de combustión y el montacargas eléctrico es esencial para tomar decisiones informadas y optimizar los recursos.

Impacto ambiental y sostenibilidad: En los últimos años, ha habido un creciente enfoque en la sostenibilidad y la reducción de la huella ambiental en las operaciones industriales. El análisis comparativo entre el montacargas de combustión y el montacargas eléctrico permite evaluar y comparar el impacto ambiental de ambos tipos de equipos, considerando las emisiones de gases de efecto invernadero, la calidad del aire y otros factores relacionados. Esto proporciona información valiosa para tomar decisiones en línea con los objetivos de sostenibilidad y reducción de la contaminación.

Evolución de la tecnología y opciones disponibles: En los últimos años, ha habido avances significativos tanto en los montacargas de combustión como en los eléctricos. Los montacargas eléctricos han experimentado mejoras en términos de capacidad de carga, autonomía de la batería y eficiencia energética. Por otro lado, los montacargas de combustión también han mejorado en términos de eficiencia y reducción de emisiones. Un análisis comparativo permite evaluar cómo estas mejoras tecnológicas afectan el rendimiento y la viabilidad de ambos tipos de montacargas.

### ***1.6.2 Justificación Metodológica***

El tipo de investigación empleada en el siguiente proyecto es exploratoria y descriptiva. Para la realización de la investigación, esta se realizó teniendo un enfoque metodológico

sobre los métodos y las técnicas cuantitativas. La situación de la que fue objeto de estudio esta investigación fueron los montacargas, para la optimización de recursos en el sector productivo.

### ***1.6.3 Justificación Práctica***

Los Montacargas, maquinaria pesada la cual es ideal para las tareas de carga y transporte de materiales pesados. Estas maquinarias tienen el peso suficiente para generar una buena estabilidad al momento de cargar, de hecho, según lo que se quiera cargar, existen diferentes tipos de montacargas. En los últimos años, ha habido un aumento constante en la demanda de montacargas. Específicamente en la industria de carga, almacenamiento y construcción, la demanda de estos equipos es muy elevada. Cada necesidad en particular requiere un tipo específico de vehículo para satisfacerla adecuadamente, al que, además, se le puede agregar una serie de accesorios que multiplican las funcionalidades del montacargas, y facilitan las actividades en los almacenes.

Se pudo conocer los sectores que presentaron las mayores emisiones fueron el sector forestal, representando el 36% del total, seguido por el sector agropecuario con el 26%, y el sector transporte con un 11%, la industrias manufacturera con 11% y el sector de minas y energía con un 10 % (Ministerio de Ambiente, 2021); En el caso de Guayaquil, la ciudad que lidera las emisiones, El Ministerio de Ambiente encontró que sus altas emisiones se deben a la “heterogeneidad geográfica” razón por la cual este departamento presenta desarrollo de todos los sectores económicos como la contaminación de aire en el país es causada principalmente por el uso de combustibles fósiles, ya sea por fuentes de emisiones móviles, fijas y aéreas.

Las mayores emisiones de contaminantes como material particulado menor a 10 micras (PM10), Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y Monóxido de Carbono (CO) son principalmente causadas por fuentes móviles debido al uso de combustibles fósiles. Por otro lado, las

Partículas Suspendidas Totales (PST) y los Óxidos de Azufre ( $\text{SO}_2$ ) son generados principalmente por fuentes fijas como establecimientos industriales y plantas termoeléctricas.

La contribución de diferentes sectores a la contaminación del aire se distribuye: el transporte terrestre representa el 86%, la industria el 8%, las plantas termoeléctricas el 3%, los sectores residencial y comercial el 2%, y el transporte aéreo el 1%.

### **1.7 Objetivo General**

Desarrollar un análisis comparativo del rendimiento del montacargas eléctrico en comparación al montacargas de combustión que determine la selección de la mejor opción para la optimización de recursos en el sector productivo.

### **1.8 Objetivos Específicos**

- Recopilar las principales teorías en cuanto a la utilidad de los montacargas para las empresas del sector productivo.
- Definir las características de los montacargas de combustión y eléctricos en función de sus ventajas y desventajas en función de su rendimiento y potencia.
- Identificar la utilidad de los montacargas eléctricos en cuanto a su logística y movimiento de cargas mediante un análisis QFD.

### **1.9 Alcance**

Los resultados y discusiones se exponen al final del proceso investigativo, en la versión autorizada por el tutor de proyecto, en el mes correspondiente. Este proyecto se guiará bajo los lineamientos del método científico.

## Capítulo II

### Marco Teórico

#### 2.1 Logística

La logística implica la integración de la producción y la entrega de un producto o servicio para garantizar una gestión eficiente y efectiva. Originalmente, la logística se usó en el ejército para coordinar la llegada de soldados y armas al lugar correcto en el momento correcto. La naturaleza crítica del lugar y el momento en la guerra requería una integración y precisión especial.

La logística consiste en identificar los pasos en una cadena de valor de producción, asegurando la entrega justo a tiempo (JIT) de las entradas para un proceso de ensamblaje, coordinando el flujo de información y la programación de la entrega para garantizar que el inventario de suministros y productos no se acumule o desperdicie (Mora, 2017).

Un proceso de producción y por supuesto la entrega eficiente evita la inmovilización o la pérdida de capital valioso. Si bien la logística es un proceso utilizado por muchas compañías de almacenamiento y distribución, lo utilizan cada vez más como modelo comercial como UPS y FedEx, esto ha generado una constante evolución en la forma de ver la logística en varias empresas a nivel mundial (García, 2016).

Logística administra el flujo de suministros para que coincida con las necesidades del productor o simplemente vendedor con el cronograma de ventas a los clientes. Según Montoya & Espinal (2017), “La logística coordina el flujo de información, brindando retroalimentación sobre las ventas, financiamiento a su debido tiempo y la entrega de productos de varios proveedores” (p. 17). Con el aumento de las fuentes mundiales de proveedores y de los mercados mundiales de consumo, el uso de la logística para coordinar la producción y la distribución adquiere cada vez más importancia.

De manera sencilla, la logística implica asegurarse de tener la cantidad precisa de un

producto en el momento oportuno, transportarlo al lugar indicado en condiciones adecuadas y entregarlo al cliente correcto. La logística es una web que se vincula a las empresas en todos los sectores de la industria. El objetivo es gestionar el cumplimiento de cada cliente, moviéndose rápida y eficientemente de una sección de la cadena de suministro a la siguiente (Montoya & Espinal, 2017).

La creciente complejidad de suministrar a las empresas los materiales y recursos que necesitan ha llevado a la necesidad de contar con especialistas conocidos como operadores logísticos. La complejidad de los procesos logísticos ha generado un software de gestión logística que agiliza el movimiento de los recursos a lo largo de la cadena de suministro. Este software ayuda a los especialistas en logística a navegar por la transformación que ha sufrido la logística.

La logística se refiere a la planificación, organización y movimiento de mercancías por carretera, ferrocarril, mar o aire o cualquier medio por el cual se pueda trasladar algún producto, para proporcionar las soluciones de transporte más eficientes. Los trabajos pueden abarcar desde ingenieros logísticos, estimaciones de costos, gerentes de cadena de suministro, conductores de vehículos de mercancías grandes y analistas de sistemas.

La gestión logística es normalmente confundida con la logística de la cadena de suministros que tiene objetivos más amplios y en realidad abarca la gestión logística. La Gestión de la Cadena de Suministro (SCM) incluye procesos multifuncionales e interempresarial que se dirigen a todo, desde el flete de entrada del proveedor hasta el consumidor final.

La gestión logística, también conocida por sus siglas (LM) es la parte más práctica de la cadena de suministro donde las mercancías se transportan a una instalación, se almacenan, manejan y transportan adecuadamente. LM se enfoca en los procedimientos a corto plazo y SCM se enfoca en el largo plazo.

El desarrollo e implementación de una estrategia logística formal agregará flexibilidad al proceso de toma de decisiones y aumentará el tiempo de respuesta a errores. Una estrategia deliberada permitirá a una empresa predecir las interrupciones del servicio y saber cómo y cuándo responder a ellas para garantizar que los niveles de servicio se mantengan en un rendimiento óptimo.

Cada negocio tiene necesidades logísticas específicas y distintas formas de evaluar su éxito operativo. Mantener una estrategia logística estática puede tener graves consecuencias tanto en el servicio al cliente como en los resultados finales. Es perjudicial no comparar el éxito actual y no buscar mejoras constantes. Dado que el entorno logístico cambia con frecuencia y la cantidad de datos disponibles para el análisis aumenta, es crucial desarrollar una estrategia dinámica que se adapte a las fluctuaciones y evite el caos. La única forma de lograr esto es cuestionar constantemente los procesos logísticos, evaluar los éxitos y las ineficiencias, y ajustar la estrategia de gestión logística para satisfacer las cambiantes necesidades de la empresa.

## **2.2 Procesos Logísticos**

Los procesos logísticos desempeñan un papel fundamental en la gestión de la relación entre la producción y el movimiento de mercancías, permitiendo una reducción tanto en tiempo como en costos. La logística es una parte esencial de cualquier empresa, por lo tanto, para garantizar el éxito de un proceso, es necesario diseñar un circuito que abarque a los proveedores, la propia empresa y los clientes (Meza, 2014).

Como parte de este procedimiento, es fundamental para una empresa tomar en cuenta la localización de un producto y evaluar los diferentes elementos vinculados a estas ubicaciones (Urzelai, 2013). Esto implica considerar los costos de producción, el personal involucrado, el tiempo y los gastos necesarios para la desconsolidación, así como las opciones de almacenamiento, incluyendo los costos y el espacio disponible. Además, como parte de



este proceso, una empresa también debe tener en cuenta los factores que impactan la calidad de la producción y el transporte eficiente entre los centros. Este enfoque permite a la empresa evitar la adquisición de materiales para la producción en una base de fabricación innecesaria (Meza, 2014).

Solo estableciendo claramente el contexto general es posible describir puntos de contacto con el nivel de precisión necesario para encontrar el soporte de TI adecuado para procesos individuales. En el proceso de logística, la comunicación entre un cargador / cliente y un proveedor de servicios de logística es mucho más clara si se llegara a simplificar las agendas de reuniones de Indicadores Clave de Desempeño (KPI) y Revisión Comercial Trimestral (QBR). La complejidad puede interferir con la comunicación y cumplir sus objetivos mutuos.

Lo que es más importante, los procesos logísticos juegan un papel importante en la satisfacción del cliente, que es más importante que los bajos costos del producto. Los profesionales de la logística deben considerarse a sí mismos como una parte de la empresa orientada al cliente y esforzarse cada día para agregar valor para sus clientes.

### **2.3 Tipos de Logística**

La industria de la logística es enorme. Cubre una amplia gama de servicios que tienen un impacto en cómo un producto llega del fabricante al destinatario. Independientemente del lugar del negocio en la línea de producción y envío, siempre es una buena idea de cómo un producto llega del punto A al punto B, a continuación, se enumera diferentes tipos de servicios de logística y cómo pueden afectar su negocio o clientes (Torres, 2013).

**Logística de adquisición:** El proceso de proporcionar a la empresa recursos materiales, la asignación de recursos en los almacenes de la empresa, el almacenamiento y la entrega en producción.

**Logística industrial - Gestión de Materiales,** mientras pasa a través de sus unidades de

producción, pasando de la principal fuente de materias primas a productos terminados.

Logística de distribución: Un complejo de funciones interrelacionadas incluidas en la distribución del flujo de materiales entre las diversas compras al por mayor, es decir, en el comercio al por mayor.

Logística de transporte: Gestión del transporte de carga.

Logística de información: Parte de la logística, que es el vínculo entre el suministro, la producción y la comercialización de productos, y organiza el flujo de datos, que acompaña el flujo de material en el proceso de reubicación.

Existe a su vez otro tipo de logísticas, que son conocidas como servicios de logísticas, las cuales se nombran a continuación.

## **2.4 Montacargas**

Esencialmente, una carretilla elevadora también llamado montacargas es un tipo de vehículo industrial equipado con una plataforma motorizada en la parte delantera. Estos camiones reciben su nombre por sus puntas en forma de horquilla que se pueden subir o bajar de manera efectiva e insertar debajo de la carga, lo que permite levantarla y moverla (Montoya & Espinal, 2017).

Los montacargas de hoy en día usan diferentes fuentes de energía para operar, algunos emplean motores de combustión tradicionales mientras que otros funcionan con paquetes de baterías eléctricas. Las carretillas elevadoras vienen en una amplia gama de modelos construidos para diferentes entornos de trabajo y para adaptarse a las tareas específicas que deben realizar.

La mayoría de los montacargas de almacén pueden levantar fácilmente 5000 libras de peso, y los modelos de servicio pesado pueden manejar cinco veces esta carga. Los montacargas industriales tienen un poder de elevación aún mayor y pueden levantar entre 30,000 y 36,000 libras. Por esta razón, las carretillas elevadoras pueden ahorrar dinero a las

empresas en mano de obra, pero también ofrecen una forma más segura de recoger mercancías pesadas sin ninguna posibilidad de que los empleados sufran daños.

La carga se puede bajar de manera segura desde los vehículos de logística o levantarse de las pilas en el piso del almacén, pero, de cualquier manera, las carretillas elevadoras pueden abordar esas tareas de manera más efectiva que el trabajo manual.

Se han diseñado diferentes tipos de montacargas para manejar diferentes formas y tamaños de carga. Los cargadores laterales, por ejemplo, pueden manejar cargas más largas como tuberías o madera y operar de lado, lo que les permite navegar por pasillos estrechos del almacén.

Una vez que se han levantado las cargas, el siguiente trabajo de las carretillas elevadoras es transportar la carga de un lugar a otro. Nuevamente, la velocidad promedio de caminata de una persona que no lleva nada es de alrededor de tres a cuatro millas por hora, mientras que una carretilla elevadora puede viajar con seguridad a seis millas por hora en interiores.

Esta movilidad y la capacidad de mover materiales pesados significa que los montacargas pueden ser excepcionalmente útiles, ahorrando tiempo a las empresas y aumentando la productividad (Figura 1).

## Figura 1

### *Partes de un Montacargas*



Fuente: (Almeida, 2019)

## **2.5 Características de los Montacargas**

Las carretillas elevadoras se utilizan a menudo por su maniobrabilidad excepcional, que puede ser esencial cuando se navega por almacenes con espacio limitado. Los modelos más pequeños de carretillas elevadoras, como las carretillas elevadoras, suelen ofrecer los mayores niveles de agilidad y velocidad, pero no pueden transportar un peso tan grande como sus contrapartes más resistentes (Mendez, 2018)

Utilizadas principalmente en áreas interiores como almacenes, las carretillas elevadoras dedicadas se han diseñado especialmente para extender sus horquillas y realizar tareas que las carretillas elevadoras estándar no pueden. Construidos con un compartimiento de estilo abierto para brindarles a los operadores una excelente visibilidad, estos montacargas cuentan con patas estabilizadas y horquillas que se extienden hacia adelante. Estos activos permiten que los operadores los utilicen para recoger pallets con precisión de estantes altos de varios niveles cuando deben seleccionar un stock específico para cumplir con los pedidos.

## **2.6 Logística y Movimiento de Cargas**

En la actualidad los montacargas de horquillas son equipos muy importantes en los procesos de logística y producción de cualquier empresa, al punto de volverse casi indispensables. Dentro de un proceso de producción es común tener que manipular y mover cargas pesadas, ya sean estas materias primas, productos intermedios o el producto final del proceso. Y a su vez es necesario almacenar de manera segura y eficiente estas cargas.

Un montacargas o carretilla elevadora autopropulsada es un equipo diseñado para el manejo y transporte de diversas cargas. Estos vehículos pueden funcionar mediante dos tipos principales de motores: motores eléctricos o motores de combustión interna, que a su vez pueden ser de gas (LPG), gasolina, duales (gas/gasolina) o diésel.

La industria del movimiento de materiales ha evolucionado en los últimos años debido al incremento del precio de los combustibles y al desarrollo de nuevas tecnologías para

montacargas eléctricos. Estas tecnologías ya probadas presentan ventajas a considerar el momento de elegir entre montacargas de combustión interna frente a montacargas eléctricos

## 2.7 Tipos de Montacargas

Cuando se habla de tipos o clases de montacargas se da cuenta de que dada su diversidad no existe una clasificación única para estos equipos.

Se los puede clasificar (Figura 2) en función de varias de sus características.

**Figura 2**

*Tipos de Montacargas*



Fuente: (Almeida, 2019)

En la (Tabla 1) se aprecian los valores de las características de los montacargas eléctricos y los de combustión, haciendo una comparación en los diferentes lineamientos.

**Tabla 1**

*Características de los Montacargas*

Montacarga	Motor	Tipo de consumo	Llantas	Asiento	Posición del operador
Eléctrico	Eléctrico (litio - plomo ácido)	Eléctrico	Neumático Sólidos	Ergonómicos	De pie Sentado
Combustión	Combustión Interna	Gasolina Gas Dual Diesel	Neumático Sólidos	Ergonómicos	De pie Sentado

En general la clasificación más comúnmente aceptada es la que hace la ITA (Industrial Truck Association). ITA es la principal organización de fabricantes de montacargas y proveedores de repuestos y accesorios de componentes de vehículos industriales.

La ITA clasifica a los montacargas en 7 clases, estas son:

- Clase 1: Montacargas eléctricos contrabalanceados con el operador abordo
- Clase 2: Montacargas eléctricos para pasillos angostos
- Clase 3: Carretillas Eléctricas manuales
- Clase 4: Montacargas contrabalanceados con motor de combustión interna dellantas sólidas
- Clase 5: Montacargas contrabalanceados con motor de combustión interna dellantas neumáticas
- Clase 6: Tractores con motor de combustión interna o eléctrico Clase 7: Montacargas para terreno escabroso

## **2.8 Transportación**

Capacidad de carga, se evalúa la capacidad de carga de los montacargas de combustión y eléctricos. Esto implica analizar la cantidad máxima de peso que pueden levantar y transportar, así como la distribución de la carga. Se considera si ambos tipos de montacargas pueden manejar los mismos tipos de carga y si existe alguna limitación en cuanto a la forma, tamaño o peso de la carga que pueden transportar (Moral, 2014).

Velocidad y maniobrabilidad, se examina la velocidad a la que los montacargas de combustión y eléctricos pueden desplazarse y maniobrar en diferentes entornos de trabajo, como almacenes, patios de carga o espacios reducidos. La capacidad de maniobrar de manera eficiente y segura es fundamental para optimizar los tiempos de transporte y evitar posibles accidentes (Tejero, 2015).

Autonomía y Tiempo de Recarga: En el caso de los montacargas eléctricos, se analiza

la autonomía de la batería y el tiempo necesario para recargarla. Se considera cuánto tiempo pueden operar los montacargas eléctricos antes de requerir una recarga, así como la disponibilidad de puntos de carga y el tiempo necesario para recargar completamente las baterías. Estos aspectos son cruciales para garantizar una operación continua y minimizar los tiempos de inactividad (Ramírez, 2015).

Seguridad, se evalúa la seguridad en el transporte de carga con ambos tipos de montacargas. Esto incluye aspectos como la estabilidad durante el transporte, la capacidad de frenado, la resistencia a condiciones adversas (como terrenos irregulares o pendientes pronunciadas) y las medidas de seguridad incorporadas en los montacargas para prevenir accidentes o daños a la carga.

Costos de transporte, se consideran los costos asociados al transporte de carga con montacargas de combustión y eléctricos. Esto incluye el consumo de combustible en el caso de los montacargas de combustión, así como los costos de electricidad y mantenimiento en el caso de los montacargas eléctricos. La comparación de estos costos puede ayudar a determinar qué tipo de montacargas ofrece una opción más económica en términos de transporte de carga (Zuluaga & Gómez).

## **2.9 Utilidad de Montacargas**

Esencialmente, un montacarga es un tipo de vehículo industrial equipado con una plataforma motorizada en la parte delantera (Montoya & Espinal, 2017). Estos camiones reciben su nombre por sus puntas en forma de horquilla que se pueden subir o bajar de manera efectiva e insertar debajo de la carga, lo que permite levantarla y moverla.

Los montacargas de hoy en día usan diferentes fuentes de energía para operar, algunos emplean motores de combustión tradicionales mientras que otros funcionan con paquetes de baterías eléctricas (Torres, 2013). Las carretillas elevadoras vienen en una amplia gama de modelos construidos para diferentes entornos de trabajo y para adaptarse a las tareas

específicas que deben realizar.

Algunas carretillas elevadoras permiten que los conductores se sienten, mientras que otros modelos requieren que los operadores estén de pie. Por regla general, el uso clave de las carretillas elevadoras es transportar materiales de un lugar a otro, pero la diversa flota de carretillas elevadoras actualmente disponible puede hacer mucho más.

Uno de los principales usos de las carretillas elevadoras es levantar cargas pesadas que superan con creces las limitaciones de un ser humano (Montoya & Espinal, 2017).

Los montacargas se utilizan a menudo por su maniobrabilidad excepcional, que puede ser esencial cuando se navega por almacenes con espacio limitado (Tejero, 2015). Los modelos más pequeños de carretillas elevadoras suelen ofrecer los mayores niveles de agilidad y velocidad, pero no pueden transportar un peso tan grande como sus contrapartes más resistentes.

Las carretillas elevadoras no solo pueden brindar a sus operadores la capacidad de levantar grandes pesos y transportarlos de manera más rápida y segura, sino que también pueden permitirles extender su alcance.

Utilizadas principalmente en áreas interiores como almacenes, las carretillas elevadoras dedicadas se han diseñado especialmente para extender sus horquillas y realizar tareas que las carretillas elevadoras estándar no pueden.

Construidos con un compartimiento de estilo abierto para brindarles a los operadores una excelente visibilidad, estos montacargas cuentan con patas estabilizadas y horquillas que se extienden hacia adelante.

Estos activos permiten que los operadores los utilicen para recoger pallets con precisión de estantes altos de varios niveles cuando deben seleccionar un stock específico para cumplir con los pedidos. Los montacargas retráctiles a menudo se diseñan con un perfil angosto para que puedan usarse fácilmente entre los pasillos del almacén que están muy juntos.



Al igual que las carretillas retráctiles, los montacargas se utilizan para acceder fácilmente al stock que se encuentra en zonas de difícil acceso. Sin embargo, a diferencia de las carretillas retráctiles, los montacargas tienen una plataforma con un segundo conjunto de controles que permiten al operador subirse a la horquilla para recoger unidades de menor volumen (Urzelai, 2013). Además, las horquillas del también pueden levantar artículos más pesados para almacenarlos según sea necesario.

La mayoría de los montacargas tienen la capacidad de alcanzar una altura de 32 pies y, debido a su diseño, pueden manejar cargas más versátiles que las carretillas retráctiles, por ejemplo, artículos de diferentes formas y tamaños, desde muebles hasta piezas de automóviles.

### ***2.9.1 Consideraciones Técnicas del Uso de Montacargas***

La principal consideración técnica es la carga para levantar, su peso y dimensiones, largo, ancho y altura. De aquí parte cualquier decisión para seleccionar un equipo. Otra consideración técnica es el sitio de trabajo, aquí se debe tomar en cuenta la altura a la que se debe levantar la carga, la altura máxima del sitio de trabajo, el ancho de pasillo con que se va a trabajar, la altura mínima por donde deba circular o al operar un montacargas, es importante tener en cuenta las dimensiones de las esquinas por las que debe girar, así como el tipo y las condiciones del suelo por donde circulará.

También es relevante considerar las pendientes o rampas que deberá superar. Otros factores para considerar son la temperatura del entorno de trabajo y la posibilidad de cambios bruscos de temperatura.

### ***2.9.2 Consideraciones Ambientales del Uso de Montacargas***

La consideración ambiental más importante está relacionada con el lugar de trabajo y la carga en sí. En primer lugar, se debe evaluar si es factible utilizar un montacargas en el lugar de trabajo que emita gases al ambiente, esto puede tener una restricción por temas de

ventilación, circulación de aire y contaminación del sitio de trabajo.

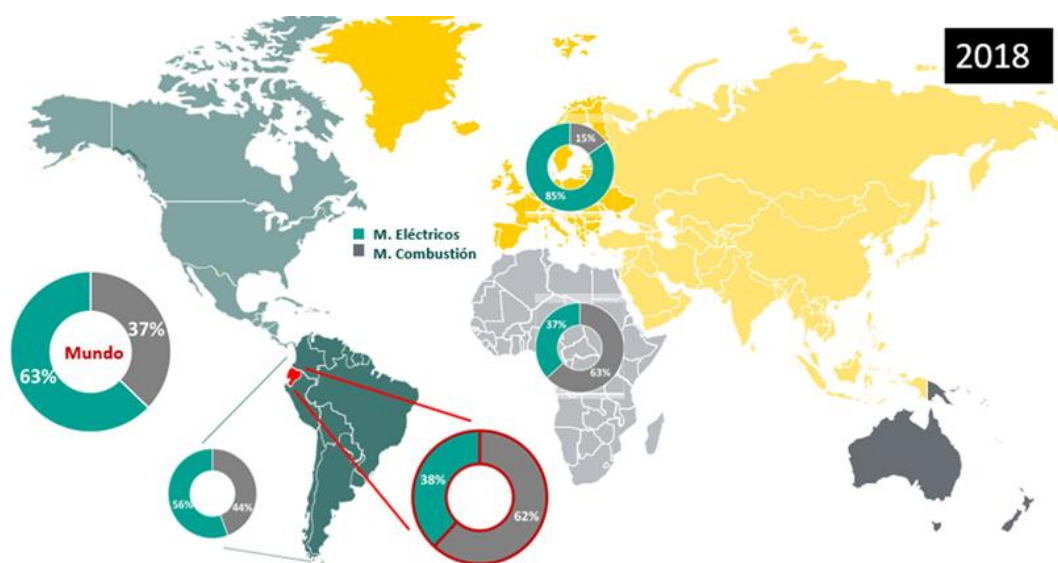
Con respecto a la carga, esta puede ser delicada y susceptible a la contaminación producida por los gases que emiten los motores de combustión interna, como es el caso de los alimentos, o puede tratarse de carga peligrosa donde no es admisible un equipo que produzca algún tipo de chispas. Además, el nivel de ruido es una consideración relevante, ya que los equipos con motores de combustión interna tienden a generar más ruido en comparación con los equipos eléctricos.

### 2.9.3 Consideraciones Económicas del Uso de Montacargas

Sin duda, una de las consideraciones más importantes al tomar una decisión de compra de montacargas es el costo. En general, al comparar los precios de diferentes tipos de montacargas, se puede observar que aquellos que funcionan con gas (LPG), gasolina o son duales tienden a tener un precio ligeramente más bajo que los que utilizan motores diésel, y a su vez, estos últimos son más económicos que los equipos eléctricos. Esto es hablando del precio inicial. En la (Figura 3 y 4) se observa el posicionamiento a nivel mundial de los montacargas eléctricos.

#### Figura 3

Gráfica de Posicionamiento del Mercado de Montacargas Eléctricos vs Combustión



Fuente: (Smith, 2023)

**Figura 4**

*Gráfica de Posicionamiento del Mercado de Montacargas Eléctricos vs Combustión*



Fuente: (Smith, 2023)

## Capítulo III

### Metodología Aplicada

#### 3.1 Métodos

El método científico aplicado al proyecto de titulación que compara los montacargas eléctricos y los montacargas de combustión se basa en un enfoque amplio y sistemático para investigar y analizar ambos tipos de montacargas. Se obtuvo información basada en evidencia científica sólida las cuales permitieron comprender y comparar las características, ventajas y desventajas de cada uno.

Se recopila información de fuentes confiables. Se analizan las especificaciones técnicas, el rendimiento, la eficiencia energética, los costos de operación, la capacidad de carga, la durabilidad, la seguridad y otras características pertinentes.

Se plantean hipótesis o preguntas de investigación que guían el estudio comparativo. Estas pueden abordar aspectos como la eficiencia energética de los montacargas eléctricos en comparación con los montacargas de combustión, el impacto ambiental de ambos tipos, los costos a largo plazo, entre otros temas (Yin, 2017).

Después de definir las hipótesis, se diseñan y realizan experimentos o se recopilan datos para obtener información cuantitativa y cualitativa sobre los montacargas eléctricos y los montacargas de combustión. Estos datos pueden incluir mediciones de rendimiento, análisis de consumo de combustible, pruebas de carga, evaluaciones de emisiones y otros indicadores clave.

Una vez que se obtienen los datos, se realiza un análisis detallado utilizando métodos estadísticos y técnicas de comparación. Se examinan las diferencias significativas entre los montacargas eléctricos y los montacargas de combustión en función de los resultados obtenidos.

Finalmente, se extraen conclusiones basadas en los resultados del estudio y se realizan

recomendaciones. Estas conclusiones y recomendaciones deben estar respaldadas por la evidencia científica y ser parte del contexto del proyecto de titulación. También se pueden identificar áreas que requieren investigación adicional y se pueden proponer futuras líneas de estudio relacionadas con los montacargas eléctricos y los montacargas de combustión.

## **3.2 Tipos de Estudio**

### ***3.2.1 Investigación Bibliográfica***

La investigación bibliográfica realizada en la tesis que aborda la comparación entre los montacargas eléctricos y los montacargas de combustión se ha llevado a cabo de manera amplia y exhaustiva. Se obtuvo información confiable y actualizada sobre ambos tipos de montacargas desde diversas fuentes bibliográficas confiables.

Se realizó una búsqueda sistemática en bases de datos académicas, revistas científicas y libros especializados en ingeniería, transporte y temas relacionados. Se han utilizado palabras clave pertinentes como "montacargas eléctricos", "montacargas de combustión", "comparación", "eficiencia energética" y otros términos relacionados para obtener una amplia gama de referencias.

A medida que se identificaron los estudios y las fuentes relevantes, se procedió a analizar y evaluar críticamente el contenido para determinar su relevancia y confiabilidad. Se ha prestado especial atención a los trabajos de investigación académica, estudios comparativos, informes técnicos y otros recursos que aporten datos empíricos y análisis fundamentados sobre los montacargas eléctricos y de combustión.

La investigación bibliográfica ha abarcado aspectos clave como las especificaciones técnicas de los montacargas, la eficiencia energética, el rendimiento, los costos de operación, las emisiones contaminantes, la capacidad de carga, la seguridad y otros factores relevantes para la comparación. Se ha buscado obtener una visión integral y detallada de las características y el desempeño de cada tipo de montacargas (Lewin, 2017).

La recopilación de información ha permitido establecer una base sólida de conocimiento sobre los montacargas eléctricos y los montacargas de combustión. Esto ha servido como punto de partida para el proyecto de titulación, proporcionando una comprensión profunda de los aspectos técnicos, económicos y ambientales relacionados con ambos tipos de montacargas.

Esta investigación ha sentado las bases para un análisis fundamentado y objetivo de los montacargas, proporcionando una sólida base teórica para la tesis y contribuyendo al conocimiento existente sobre este tema.

### ***3.2.2 Investigación Descriptiva***

La investigación descriptiva llevada a cabo en el proyecto que compara los montacargas eléctricos y los montacargas de combustión se ha desarrollado de manera amplia y detallada. El objetivo principal ha sido describir y caracterizar las diferencias entre ambos tipos de montacargas en términos de características técnicas, rendimiento, eficiencia, costos y otros aspectos importantes.

Se recopila información exhaustiva sobre los montacargas eléctricos y de combustión a través de fuentes primarias y secundarias. Se han utilizado técnicas de recolección de datos como encuestas, entrevistas, observación directa y revisión de literatura especializada para obtener una amplia gama de datos descriptivos (Fisher, 2021).

Se han identificado y registrado las características técnicas específicas de cada tipo de montacargas, como capacidad de carga, potencia del motor, autonomía, tiempo de carga, consumo de combustible y otros atributos confiables. Además, se han evaluado aspectos operativos como la facilidad de uso, la maniobrabilidad, los controles y la ergonomía.

Asimismo, se han analizado los indicadores de rendimiento, como la velocidad, la aceleración, el tiempo de respuesta y la estabilidad, con el fin de proporcionar una descripción completa del desempeño de los montacargas eléctricos y de combustión.

En cuanto a la eficiencia, se han recopilado datos relacionados con el consumo de energía o combustible en diferentes condiciones de operación, permitiendo comparar la eficiencia energética de ambos tipos de montacargas.

Además, se ha llevado a cabo un análisis exhaustivo de los costos asociados con la adquisición, operación y mantenimiento de los montacargas eléctricos y de combustión. Esto incluye el análisis de los costos de combustible, los costos de mantenimiento, las inversiones iniciales y otros gastos relevantes.

La investigación descriptiva también ha considerado aspectos ambientales, como las emisiones contaminantes generadas por los montacargas de combustión, en contraste con la emisión cero de los montacargas eléctricos.

Esta investigación ha permitido una comprensión profunda de las diferencias entre los montacargas eléctricos y de combustión, proporcionando una base sólida de información descriptiva para la tesis y contribuyendo al conocimiento existente sobre este tema.

### ***3.2.3 Investigación Aplicada***

La investigación aplicada realizada en la tesis que compara los montacargas eléctricos y los montacargas de combustión se ha llevado a cabo de manera amplia y práctica. También se aplicó los conocimientos teóricos existentes en un contexto real para evaluar y comparar el desempeño y las características de ambos tipos de montacargas.

Se diseñó un plan de investigación que incluye la recopilación de datos empíricos y la realización de pruebas y experimentos en situaciones reales de operación de los montacargas. Se han identificado los criterios y parámetros clave a medir, como la capacidad de carga, la velocidad, el consumo de combustible o energía, la estabilidad y otros factores que son importantes.

Se realiza una recolección de datos, que pueden incluir la observación directa de los montacargas en funcionamiento, la medición de variables, la realización de pruebas de

rendimiento y el registro de datos en diferentes condiciones de trabajo (Almeida, 2019)

Una vez obtenidos los datos, se ha realizado un análisis detallado y riguroso para evaluar y comparar el desempeño y las características de los montacargas eléctricos y de combustión. Se han aplicado métodos estadísticos y técnicas de análisis para examinar las diferencias significativas y establecer conclusiones fundamentadas.

Además, la investigación aplicada ha considerado aspectos económicos, ambientales y de seguridad relacionados con ambos tipos de montacargas. Se han evaluado los costos de operación y mantenimiento, el impacto ambiental de las emisiones y la seguridad en el manejo de los equipos (Wasserman, 2017).

Los resultados obtenidos se han utilizado para formular recomendaciones prácticas y basadas en evidencia, dirigidas a los profesionales y tomadores de decisiones involucrados en la selección y uso de montacargas. Estas recomendaciones se basan en la información recopilada y en el análisis realizado, con el objetivo de proporcionar orientación y ayudar en la toma de decisiones informadas.

Se realiza pruebas y experimentos en situaciones reales, se ha recopilado y analizado datos empíricos, y se han formulado recomendaciones prácticas. Esta investigación ha contribuido al conocimiento práctico y aplicado en el campo de los montacargas, proporcionando información relevante para la selección y uso adecuado de estos equipos.

### **3.3 Enfoque**

El enfoque del proyecto de titulación que compara los montacargas eléctricos y los montacargas de combustión se ha desarrollado de manera amplia, abarcando múltiples aspectos relacionados con ambos tipos de montacargas. El objetivo principal ha sido obtener una comprensión completa y exhaustiva de las características, ventajas y desventajas de cada tipo de montacargas, a través de un análisis integral y objetivo.

Se realiza una investigación exhaustiva para recopilar información relevante de



diversas fuentes, como literatura especializada, estudios comparativos, informes técnicos y otras fuentes confiables. Se han considerado aspectos técnicos, de rendimiento, eficiencia energética, costos, seguridad y otros factores importantes para la comparación.

Se plantea una hipótesis o pregunta de investigación que guía el estudio comparativo entre los montacargas eléctricos y los montacargas de combustión. Esta hipótesis puede abordar diferentes aspectos, como la eficiencia energética, el rendimiento en diferentes condiciones de trabajo, los costos operativos, la capacidad de carga y otros criterios relevantes (Hair, 2017).

Con base en la hipótesis, se ha diseñado un enfoque metodológico que incluye la recopilación de datos, la realización de pruebas y experimentos, y el análisis de los resultados obtenidos. Se han considerado diferentes variables y se han aplicado técnicas estadísticas y herramientas de análisis para obtener conclusiones respaldadas por evidencia científica (Chang, 2018).

El enfoque también ha considerado aspectos prácticos y aplicados, con el objetivo de proporcionar recomendaciones útiles y basadas en los resultados del estudio. Estas recomendaciones pueden dirigirse a profesionales, empresas o tomadores de decisiones involucrados en la selección y uso de montacargas, con el propósito de facilitar la toma de decisiones informadas.

Se ha desarrollado diversos aspectos técnicos, de rendimiento, eficiencia, costos, seguridad y otros factores relevantes. Se ha utilizado un enfoque metodológico riguroso y se han obtenido conclusiones respaldadas por evidencia científica. El objetivo ha sido proporcionar una visión integral y objetiva de ambos tipos de montacargas, con el propósito de contribuir al conocimiento existente y ofrecer recomendaciones prácticas para la toma de decisiones informadas en este campo.

### 3.4 Técnicas de Investigación

El proyecto que compara los montacargas eléctricos y los montacargas de combustión ha utilizado una variedad de técnicas de investigación para obtener resultados sólidos y confiables. Estas técnicas han sido aplicadas de manera amplia y abarcan temas amplios sobre las características de estos, con el objetivo de obtener una visión completa de los aspectos clave relacionados con ambos tipos de montacargas.

Se recopila material bibliográfico, utilizando fuentes confiables como revistas científicas, libros especializados y bases de datos académicas. Esta técnica ha permitido recopilar información actualizada y relevante sobre los montacargas eléctricos y de combustión, incluyendo especificaciones técnicas, rendimiento, eficiencia energética, costos y otros factores relevantes.

Además, se utiliza el enfoque de investigación descriptiva para caracterizar detalladamente los montacargas y sus diferencias. Se han recopilado datos empíricos a través de encuestas, observaciones directas, mediciones y otros métodos, para describir las características técnicas, el rendimiento, la capacidad de carga, la eficiencia y otros aspectos relevantes de ambos tipos de montacargas (Lee, 2019)

Para evaluar y comparar de manera objetiva los montacargas eléctricos y de combustión, se utiliza el enfoque de investigación comparativa. Mediante pruebas y experimentos controlados, se han medido variables clave como la velocidad, la aceleración, el consumo de energía o combustible, la estabilidad y otros indicadores de rendimiento. Esto ha permitido obtener datos cuantitativos y cualitativos para realizar análisis comparativos entre ambos tipos de montacargas (Weste, 2019).

En algunos casos, se ha empleado la investigación experimental, diseñando y llevando a cabo experimentos específicos para evaluar aspectos particulares de los montacargas eléctricos y de combustión. Estos experimentos han proporcionado datos adicionales y

permitido realizar análisis más detallados y específicos (Hernández, 2016).

La tesis ha utilizado técnicas de investigación bibliográfica, descriptiva, comparativa y experimental para abordar el tema de los montacargas eléctricos y de combustión. Estas técnicas han permitido obtener información completa y confiable sobre las características, el rendimiento, la eficiencia, los costos y otros factores relevantes de ambos tipos de montacargas. Los resultados obtenidos han contribuido al conocimiento existente y han respaldado las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

## Capítulo IV

### Análisis Comparativo de Montacargas de Combustión y Eléctrico

#### 4.2 Resultados

##### *4.2.1 Resultados del Análisis Documental*

A medida que la industria de manejo de materiales ha evolucionado durante la última década para abordar el aumento del costo del Diesel y los estándares de emisión más estrictos, el montacargas eléctrico se ha desarrollado y ahora ofrece muchos beneficios a los compradores potenciales.

Probada y comprobada, la tecnología ahora brinda ventajas cada vez mayores a tener en cuenta al comprar un montacargas eléctrico en lugar de un montacargas de combustión interna (IC). En la industria del manejo de materiales, existen dos amplias familias de montacargas: corriente alterna eléctrica (AC) y combustión interna (IC).

Los modelos IC incluyen carretillas elevadoras que funcionan con tecnologías basadas en diésel, GLP (gas propano licuado), gasolina líquida o petróleo y GNC (gas natural comprimido).

Los camiones IC a veces también se denominan confusamente montacargas de "gas", pero el uso de vehículos de gasolina reales es relativamente poco común en el manejo de materiales, con la excepción de camiones muy grandes que trabajan en aplicaciones al aire libre.

Un montacargas con motor de combustión interna es similar al motor de un automóvil o camión. Funcionan encendiendo combustible para crear una serie de explosiones controladas que hacen girar el motor y mueven el montacargas.

Los motores IC pueden funcionar con gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural comprimido o combustible diésel. Estos combustibles dan como resultado la liberación de emisiones, lo que puede afectar el lugar donde puede usar la máquina.

El proceso de combustión también genera una gran cantidad de energía, lo que hace que los montacargas de CI sean ideales para aplicaciones que requieren capacidades de carga y levantamiento pesado. Hay muchas ventajas al elegir un montacargas de combustión interna, que incluyen:

- Menor costo: en comparación con una carretilla elevadora eléctrica, el costo de una carretilla elevadora IC es menos costoso hasta en un 20%. Si está trabajando con un presupuesto más ajustado, una carretilla elevadora IC es una buena opción.
- Versatilidad: con mayor capacidad de carga y mayor potencia, los montacargas IC se pueden utilizar en una amplia variedad de aplicaciones y ambientes sin comprometer la seguridad de su operación. También son mejores para manejar altas velocidades, rampas y recorridos más largos.
- Fácil de repostar, los motores de combustión interna son rápidos y fáciles de repostar, y el proceso lleva solo unos minutos. Este proceso eficiente permite una operación más continua, lo que es ideal para operaciones de varios turnos y una mayor productividad.

Hay algunas desventajas a tener en cuenta al considerar una carretilla elevadora con motor de combustión interna:

- Más mantenimiento: con una mayor cantidad de piezas móviles, los motores de combustión interna generalmente requieren mantenimiento y reparaciones frecuentes, lo que puede generar mayores gastos.
- Emisiones: Los motores IC liberan monóxido de carbono, que es un peligro para el medio ambiente. Si necesita usar la máquina en interiores, deberá asegurarse de que el área esté suficientemente ventilada.
- Costos de combustible más altos, aunque el proceso de abastecimiento de

combustible es rápido para los motores de combustión interna, los costos de combustible a largo plazo son más altos que recargar un motor eléctrico.

- Ruido: los montacargas con motor de combustión interna pueden ser ruidosos, lo que significa que no son la mejor opción para lugares de trabajo sensibles al ruido.

Por otra parte, los montacargas eléctricos tienen una batería eléctrica recargable que alimenta el motor. Esta energía eléctrica da como resultado un funcionamiento limpio y silencioso, lo que lo convierte en una opción popular para uso en interiores.

Los montacargas eléctricos ofrecen muchas ventajas, que incluyen:

- Respetuosos con el medio ambiente, los montacargas eléctricos usan menos energía y generan menos emisiones que los montacargas IC, lo que los convierte en una opción de equipo ecológico. Menos emisiones también significan aire limpio, por lo que se pueden usar en interiores de manera segura.
- Costos reducidos a largo plazo, si bien pueden tener un precio de compra más alto en comparación con los montacargas con motor de combustión interna, los montacargas eléctricos le ahorrarán dinero en mantenimiento y combustible a largo plazo. Con el funcionamiento a batería, estos montacargas ofrecen ahorros significativos de combustible. Además, con menos piezas móviles, ahorrará tiempo y dinero en mantenimiento y reparaciones.
- Niveles de ruido reducidos, el funcionamiento silencioso de la batería significa niveles de ruido más bajos en comparación con una carretilla elevadora IC. Si trabaja en un entorno donde el ruido es una preocupación, una carretilla elevadora eléctrica es una buena opción.
- Maniobrabilidad mejorada, los montacargas eléctricos tienen un diseño más compacto, lo que permite un radio de giro más estrecho y una mayor

maniobrabilidad, lo que los hace ideales para aplicaciones en pasillos angostos.

Por el contrario, los montacargas eléctricos tienen varias desventajas en comparación con los montacargas a combustión, que incluyen:

- Tiempo de recarga, por lo general, la batería tarda aproximadamente 8 horas en recargarse, luego 8 horas adicionales para que la batería se enfríe antes de que pueda usarse. Una carga suele durar de 3 a 12 horas, según las condiciones y las exigencias de la aplicación. Si está ejecutando un proyecto de varios turnos, es posible que deba invertir en varias baterías.
- Menos capacidad de carga, los montacargas eléctricos tienen aproximadamente la mitad de la capacidad de carga de un montacargas de combustión interna, por lo que no son ideales para aplicaciones que requieren levantar mucho peso.
- Mantenimiento de la batería, las baterías necesitan limpieza y mantenimientos periódicos para un funcionamiento óptimo, lo que requiere capacitación adicional de los empleados y puede restar tiempo a las operaciones. Una estación de carga de baterías también es una necesidad, y la estación debe estar seca, con temperatura controlada y ventilada adecuadamente.

#### ***4.2.2 Resultados de la Investigación de Campo***

De acuerdo con los datos obtenidos por parte de una empresa industrial que hace uso de los dos tipos de montacargas y los datos técnicos de especificaciones y rendimientos de montacargas como se observan en la (Tabla 2), se realizan cuadros comparativos entre montacargas eléctricos y montacargas a combustión.

A continuación, se muestra el cuadro comparativo.

**Tabla 2***Comparativo de Rendimiento Entre Montacargas Eléctricos y Combustión*

<b>Indicador</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Combustión</b>	<b>Eléctrico</b>
	Costo del montacarga	\$25.000,00	\$40.000,00
Costos de capital	Costo de tanque de glp vs cargador	\$160,00	\$6.500,00
	Costo adecuación de la infraestructura por montacarga		\$1.200,00
	Costo de consumo de combustible por 1 kg de glp vs 1 kwh	\$2,66	\$0,10
Costos de operación y mantenimiento	Tasa por c/u mantenimiento preventivo	\$202,30	\$225,40
	Tasa por mano de obra por mantenimiento correctivo	\$48,6	\$48,6
	Seguros	\$104,16	\$166,67
	Costo total de combustible anual	\$23.195,20	\$872,00
Costos totales	Costo total de mantenimiento correctivo anual	\$9.632,00	\$3.852,00
	Costo total del mantenimiento preventivo anual	\$2.427,60	\$901,60
	Costo del seguro anual	\$1.250,00	\$2.000,00
	<b>TOTAL</b>	<b>\$62.022,08</b>	<b>\$55.766,73</b>

Los montacargas de combustión realizan la recarga de combustible glp de 15kg en \$21,28 el cual tiene una durabilidad aproximada de 8 horas de trabajo es decir cada hora de combustible es de \$2,66 mientras que de un montacarga eléctrico es de \$0,10 el kwh.

El costo del mantenimiento preventivo de un montacarga de combustión es de \$202,30 mientras que de un montacarga eléctrico es de \$225,40 Es importante tener en cuenta que el gasto mensual también está influenciado por el tipo de trabajo que realizan los montacargas. El costo de hora/hombre para los mantenimientos correctivos es de \$48,16 para ambos modelos.



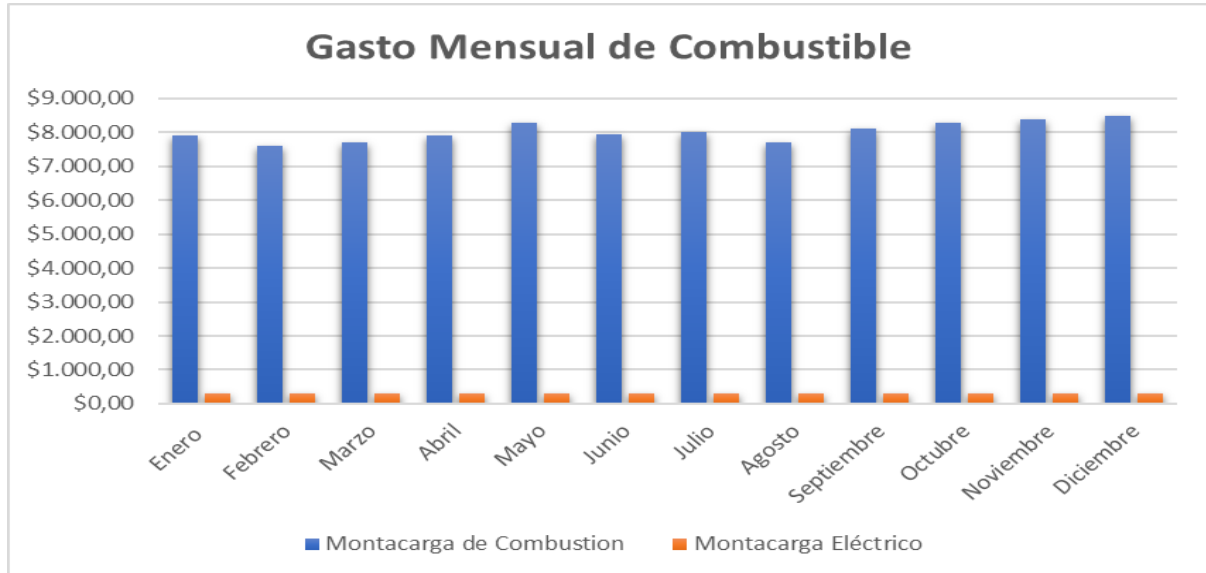
El cálculo del consumo anual del combustible para los montacargas de combustión lo calculamos multiplicando el valor de la hora que es de 2,66 por 7 días y por 52 semanas dando un resultado de 8760 horas que tiene un año y tenemos un consumo total de \$23,301,60. Mientras que para los montacargas eléctricos hacemos el mismo ejercicio, es decir los \$0,10 kwh x 8760 horas es igual a \$876,00.

Finalmente, en la sumatoria total de los valores podemos observar que el montacarga de combustión es un 9% más caro que el montacarga eléctrico.

Los montacargas de combustión tienen costos variables de combustible que fluctúan a lo largo del año, oscilando entre \$7,600 y \$8,500. Por otro lado, los montacargas eléctricos mantienen un gasto constante de \$300 en electricidad en todos los meses como se muestra en la (Figura 5).

**Figura 5**

Gasto Mensual de Combustible



Fuente: (Chang, 2018)

- Comparativo de Inversión Entre Montacargas Eléctricos y de Combustión

De acuerdo al análisis de costos por horas recorridas al año como se aprecia en la (Tabla 3 y 4), se logró comparar la inversión de compra por tipos de montacargas. En lo que se puede

observar que es rentable cambiar los montacargas de combustión por montacargas eléctricos.

**Tabla 3**

*Costo de Mantenimiento de Montacargas Eléctrico vs Combustión*

<b>Tipo Mant. (H)</b>	<b>Combustión</b>	<b>Eléctrico</b>
500 H	\$382,37	\$350,22
1000 H	\$719,87	\$350,22
1500 H	\$382,37	\$350,22
2000 H	\$1.600,76	\$1.037,23
<b>Total general</b>	<b>\$3.085,37</b>	<b>\$2.087,89</b>

**Tabla 4**

*Consumo de Ruedas de Montacargas Eléctrico vs Combustión*

	<b>Combustión</b>	<b>Eléctrico</b>
Horas de uso promedio	2226,0 h	2848,0 h
Días promedio	92,75 días	118,67 días

En contraste, los montacargas de combustión tienen un mayor gasto mensual debido al costo del combustible y a un mayor consumo de combustible en comparación con los montacargas eléctricos esto se puede apreciar en las (Tablas 5 hasta 37) en donde los precios fluctúan acorde al tipo de montacarga.

**Tabla 5**

*Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (CA.ceite de motor 10W30 (litros))*

<b>Fila</b>	<b>Fuente</b>	<b>Precio</b>	<b>Tipo de P Mantenimiento (Hr)</b>	<b>Cantidad (L)</b>	<b>Total</b>
C_Aceite de motor 10W30 (litros)	Combustión	8,505	500	6	51,03
C_Aceite de motor 10W30 (litros)	Combustión	8,505	1000	6	51,03
C_Aceite de motor 10W30 (litros)	Combustión	8,505	1500	6	51,03
C_Aceite de motor 10W30 (litros)	Combustión	8,505	2000	6	51,03

**Tabla 6**

*Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C\_Aceite de transmisión caja (litros) SAE 30)*

<b>Fila</b>	<b>Fuente</b>	<b>Precio</b>	<b>Tipo de P Mantenimiento (Hr)</b>	<b>Cantidad (L)</b>	<b>Total</b>
C_Aceite de transmisión caja (litros) SAE 30	Combustión	8,46	500		0
C_Aceite de transmisión caja (litros) SAE 30	Combustión	8,46	1000	12	101,52
C_Aceite de transmisión caja (litros) SAE 30	Combustión	8,46	1500		0

**Tabla 7**

*Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C\_Aceite de transmisión corona(litros))*

<b>Fila</b>	<b>Fuente</b>	<b>Precio</b>	<b>Tipo de P Mantenimiento (Hr)</b>	<b>Cantidad (L)</b>	<b>Total</b>
C_Aceite de transmisión corona(litros)	Combustión	8,28	500		0
C_Aceite de transmisión corona(litros)	Combustión	8,28	1000	8	66,24
C_Aceite de transmisión corona(litros)	Combustión	8,28	1500		0
C_Aceite de transmisión corona(litros)	Combustión	8,28	2000	8	66,24

**Tabla 8**

*Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C\_Aceite hidráulico Mobile 424 (litros))*

<b>Fila</b>	<b>Fuente</b>	<b>Precio</b>	<b>Tipo de P Mantenimiento (Hr)</b>	<b>Cantidad (L)</b>	<b>Total</b>
C_Aceite hidráulico Mobile 424 (litros)	Combustión	8,46	500		0
C_Aceite hidráulico Mobile 424 (litros)	Combustión	8,46	1000		0
C_Aceite hidráulico Mobile 424 (litros)	Combustión	8,46	1500		0
C_Aceite hidráulico Mobile 424 (litros)	Combustión	8,46	2000	58	490,68

**Tabla 9***Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C\_Banda de motor)*

<b>Fila</b>	<b>Fuente</b>	<b>Precio</b>	<b>Tipo de P Mantenimiento (Hr)</b>	<b>Cantidad (L)</b>	<b>Total</b>
C_Banda de motor	Combustión	66,825	500		0
C_Banda de motor	Combustión	66,825	1000	1	66,825
C_Banda de motor	Combustión	66,825	1500		0
C_Banda de motor	Combustión	66,825	2000	1	66,825

**Tabla 10***Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C\_Cap hydraulic)*

<b>Fila</b>	<b>Fuente</b>	<b>Precio</b>	<b>Tipo de P Mantenimiento (Hr)</b>	<b>Cantidad (L)</b>	<b>Total</b>
C_Cap hydraulic	Combustión	12,357	500		0
C_Cap hydraulic	Combustión	12,357	1000		0
C_Cap hydraulic	Combustión	12,357	1500		0
C_Cap hydraulic	Combustión	12,357	2000	1	12,357

**Tabla 11***Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C\_Desengrasante)*

<b>Fila</b>	<b>Fuente</b>	<b>Precio</b>	<b>Tipo de P Mantenimiento (Hr)</b>	<b>Cantidad (L)</b>	<b>Total</b>
C_Desengrasante	Combustión	4,896	500	1	4,896
C_Desengrasante	Combustión	4,896	1000	1	4,896
C_Desengrasante	Combustión	4,896	1500	1	4,896
C_Desengrasante	Combustión	4,896	2000	1	4,896

**Tabla 12***Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C\_Filter (Breather))*

<b>Fila</b>	<b>Fuente</b>	<b>Precio</b>	<b>Tipo de P Mantenimiento (Hr)</b>	<b>Cantidad (L)</b>	<b>Total</b>
C_Filter (Breather)	Combustión	41,166	500	1	41,166
C_Filter (Breather)	Combustión	41,166	1000	1	41,166
C_Filter (Breather)	Combustión	41,166	1500	1	41,166
C_Filter (Breather)	Combustión	41,166	2000	1	41,166

**Tabla 13***Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C\_Filtro de Aceite motor)*

<b>Fila</b>	<b>Fuente</b>	<b>Precio</b>	<b>Tipo de P Mantenimiento (Hr)</b>	<b>Cantidad (L)</b>	<b>Total</b>
C_Filtro de Aceite de Motor	Combustión	18,495	500	1	18,495
C_Filtro de Aceite de Motor	Combustión	18,495	1000	1	18,495
C_Filtro de Aceite de Motor	Combustión	18,495	1500	1	18,495
C_Filtro de Aceite de Motor	Combustión	18,495	2000	1	18,495

**Tabla 14***Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C\_Filtro de Aire Interno)*

<b>Fila</b>	<b>Fuente</b>	<b>Precio</b>	<b>Tipo de P Mantenimiento (Hr)</b>	<b>Cantidad (lt)</b>	<b>Total</b>
C_Filtro de Aire Interno	Combustión	84,708	500	1	84,708
C_Filtro de Aire Interno	Combustión	84,708	1000	1	84,708
C_Filtro de Aire Interno	Combustión	84,708	1500	1	84,708
C_Filtro de Aire Interno	Combustión	84,708	2000	1	84,708

**Tabla 15***Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C\_Filtro de transmisión)*

<b>Fila</b>	<b>Fuente</b>	<b>Precio</b>	<b>Tipo de P Mantenimiento (Hr)</b>	<b>Cantidad (L)</b>	<b>Total</b>
C_Filtro de transmisión	Combustión	93,69	500		0
C_Filtro de transmisión	Combustión	93,69	1000	1	93,69
C_Filtro de transmisión	Combustión	93,69	1500		0
C_Filtro de transmisión	Combustión	93,69	2000	1	93,69

**Tabla 16***Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C\_Filtro hidráulico)*

<b>Fila</b>	<b>Fuente</b>	<b>Precio</b>	<b>Tipo de P Mantenimiento (Hr)</b>	<b>Cantidad (L)</b>	<b>Total</b>
C_Filtro hidráulico	Combustión	22,536	500		0
C_Filtro hidráulico	Combustión	22,536	1000		0
C_Filtro hidráulico	Combustión	22,536	1500		0
C_Filtro hidráulico	Combustión	22,536	2000	1	22,536

**Tabla 17***Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C\_Grasa (libra))*

<b>Fila</b>	<b>Fuente</b>	<b>Precio</b>	<b>Tipo de P Mantenimiento (Hr)</b>	<b>Cantidad (L)</b>	<b>Total</b>
C_Grasa (libra)	Combustión	6,723	500	1	6,723
C_Grasa (libra)	Combustión	6,723	1000	1	6,723
C_Grasa (libra)	Combustión	6,723	1500	1	6,723
C_Grasa (libra)	Combustión	6,723	2000	1	6,723

**Tabla 18***Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C\_Grasa en Spray)*

<b>Fila</b>	<b>Fuente</b>	<b>Precio</b>	<b>Tipo de P Mantenimiento (Hr)</b>	<b>Cantidad (L)</b>	<b>Total</b>
C_Grasa en Spray	Combustión	10,845	500	1	10,845
C_Grasa en Spray	Combustión	10,845	1000	1	10,845
C_Grasa en Spray	Combustión	10,845	1500	1	10,845
C_Grasa en Spray	Combustión	10,845	2000	1	10,845

**Tabla 19***Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C\_Kit de bujías)*

<b>Fila</b>	<b>Fuente</b>	<b>Precio</b>	<b>Tipo de P Mantenimiento (Hr)</b>	<b>Cantidad (L)</b>	<b>Total</b>
C_Kit de bujías	Combustión	29,682	500		0
C_Kit de bujías	Combustión	29,682	1000		0
C_Kit de bujías	Combustión	29,682	1500		0
C_Kit de bujías	Combustión	29,682	2000	4	118,728

**Tabla 20***Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C\_Liquido de freno (litro))*

<b>Fila</b>	<b>Fuente</b>	<b>Precio</b>	<b>Tipo de P Mantenimiento (Hr)</b>	<b>Cantidad (L)</b>	<b>Total</b>
C_Liquido de freno (litro)	Combustión	9,225	500		0
C_Liquido de freno (litro)	Combustión	9,225	1000	1	9,225
C_Liquido de freno (litro)	Combustión	9,225	1500		0
C_Liquido de freno (litro)	Combustión	9,225	2000	1	9,225

**Tabla 21***Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C\_Mano de Obra)*

<b>Fila</b>	<b>Fuente</b>	<b>Precio</b>	<b>Tipo de P Mantenimiento (Hr)</b>	<b>Cantidad (L)</b>	<b>Total</b>
C_Mano de Obra	Combustión	154,112	500	1	154,112
C_Mano de Obra	Combustión	154,112	1000	1	154,112
C_Mano de Obra	Combustión	154,112	1500	1	154,112
C_Mano de Obra	Combustión	308,22	2000	1	308,22

**Tabla 22***Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C\_Penetrante)*

<b>Fila</b>	<b>Fuente</b>	<b>Precio</b>	<b>Tipo de P Mantenimiento (Hr)</b>	<b>Cantidad (L)</b>	<b>Total</b>
C_Penetrante	Combustión	10,395	500	1	10,395
C_Penetrante	Combustión	10,395	1000	1	10,395
C_Penetrante	Combustión	10,395	1500	1	10,395
C_Penetrante	Combustión	10,395	2000	1	10,395

**Tabla 23***Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C\_Refrigerante (Galon))*

<b>Fila</b>	<b>Fuente</b>	<b>Precio</b>	<b>Tipo de P Mantenimiento (Hr)</b>	<b>Cantidad (L)</b>	<b>Total</b>
C_Refrigerante (Galon)	Combustión	20,16	500		0
C_Refrigerante (Galon)	Combustión	20,16	1000		0
C_Refrigerante (Galon)	Combustión	20,16	1500		0
C_Refrigerante (Galon)	Combustión	20,16	2000	2	40,32

**Tabla 24***Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C\_Seal Hub)*

<b>Fila</b>	<b>Fuente</b>	<b>Precio</b>	<b>Tipo de P Mantenimiento (Hr)</b>	<b>Cantidad (L)</b>	<b>Total</b>
C_Seal Hub	Combustión	7,434	500		0
C_Seal Hub	Combustión	7,434	1000		0
C_Seal Hub	Combustión	7,434	1500		0
C_Seal Hub	Combustión	7,434	2000	1	7,434

**Tabla 25***Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (C\_Strainer Assembly)*

<b>Fila</b>	<b>Fuente</b>	<b>Precio</b>	<b>Tipo de P Mantenimiento (Hr)</b>	<b>Cantidad (L)</b>	<b>Total</b>
C_Strainer Assembly	Combustión	34,731	500		0
C_Strainer Assembly	Combustión	34,731	1000		0
C_Strainer Assembly	Combustión	34,731	1500		0
C_Strainer Assembly	Combustión	34,731	2000	1	34,731



**Tabla 26***Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (E\_Aceite EP 80W90)*

<b>Fila</b>	<b>Fuente</b>	<b>Precio</b>	<b>Tipo de P Mantenimiento (Hr)</b>	<b>Cantidad (L)</b>	<b>Total</b>
E_Aceite EP 80W90	Eléctrico	9,8	500		0
E_Aceite EP 80W90	Eléctrico	9,8	1000		0
E_Aceite EP 80W90	Eléctrico	9,8	1500		0
E_Aceite EP 80W90	Eléctrico	9,8	2000	4	39,2

**Tabla 27***Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (E\_Aceite Hidráulico ISO46)*

<b>Fila</b>	<b>Fuente</b>	<b>Precio</b>	<b>Tipo de P Mantenimiento (Hr)</b>	<b>Cantidad (L)</b>	<b>Total</b>
E_Aceite Hidráulico ISO46	Eléctrico	9,4	500		0
E_Aceite Hidráulico ISO46	Eléctrico	9,4	1000		0
E_Aceite Hidráulico ISO46	Eléctrico	9,4	1500		0
E_Aceite Hidráulico ISO46	Eléctrico	9,4	2000	25	235

**Tabla 28***Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (E\_Cartucho Filtrante)*

<b>Fila</b>	<b>Fuente</b>	<b>Precio</b>	<b>Tipo de P Mantenimiento (Hr)</b>	<b>Cantidad (L)</b>	<b>Total</b>
E_Cartucho Filtrante	Eléctrico	75,29	500		0
E_Cartucho Filtrante	Eléctrico	75,29	1000		0
E_Cartucho Filtrante	Eléctrico	75,29	1500		0
E_Cartucho Filtrante	Eléctrico	75,29	2000	1	75,29

**Tabla 29***Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (E\_Filtro)*

<b>Fila</b>	<b>Fuente</b>	<b>Precio</b>	<b>Tipo de P Mantenimiento (Hr)</b>	<b>Cantidad (L)</b>	<b>Total</b>
E_Filtro	Eléctrico	285,36	500		0
E_Filtro	Eléctrico	285,36	1000		0
E_Filtro	Eléctrico	285,36	1500		0
E_Filtro	Eléctrico	285,36	2000	1	285,36

**Tabla 30***Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (E\_Filtro de Ventilación)*

<b>Fila</b>	<b>Fuente</b>	<b>Precio</b>	<b>Tipo de P Mantenimiento (Hr)</b>	<b>Cantidad (L)</b>	<b>Total</b>
E_Filtro de Ventilación	Eléctrico	52,16	500		0
E_Filtro de Ventilación	Eléctrico	52,16	1000		0
E_Filtro de Ventilación	Eléctrico	52,16	1500		0
E_Filtro de Ventilación	Eléctrico	52,16	2000	1	52,16

**Tabla 31***Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (E\_Grasa 62EP)*

<b>Fila</b>	<b>Fuente</b>	<b>Precio</b>	<b>Tipo de P Mantenimiento (Hr)</b>	<b>Cantidad (L)</b>	<b>Total</b>
E_Grasa 62EP	Eléctrico	7,47	500	1	7,47
E_Grasa 62EP	Eléctrico	7,47	1000	1	7,47
E_Grasa 62EP	Eléctrico	7,47	1500	1	7,47
E_Grasa 62EP	Eléctrico	7,47	2000	1	7,47

**Tabla 32***Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (E\_Grasa en Spray)*

<b>Fila</b>	<b>Fuente</b>	<b>Precio</b>	<b>Tipo de P Mantenimiento (Hr)</b>	<b>Cantidad (L)</b>	<b>Total</b>
E_Grasa en Spray	Eléctrico	12,05	500	1	12,05
E_Grasa en Spray	Eléctrico	12,05	1000	1	12,05
E_Grasa en Spray	Eléctrico	12,05	1500	1	12,05
E_Grasa en Spray	Eléctrico	12,05	2000	1	12,05

**Tabla 33***Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (E\_Limpiador de Batería)*

<b>Fila</b>	<b>Fuente</b>	<b>Precio</b>	<b>Tipo de P Mantenimiento (Hr)</b>	<b>Cantidad (L)</b>	<b>Total</b>
E_Limpiador de Batería	Eléctrico	9,8	500	1	9,8
E_Limpiador de Batería	Eléctrico	9,8	1000	1	9,8
E_Limpiador de Batería	Eléctrico	9,8	1500	1	9,8
E_Limpiador de Batería	Eléctrico	9,8	2000	1	9,8

**Tabla 34***Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (E\_Limpiador Desengrasante)*

<b>Fila</b>	<b>Fuente</b>	<b>Precio</b>	<b>Tipo de P Mantenimiento (Hr)</b>	<b>Cantidad (L)</b>	<b>Total</b>
E_Limpiador Desengrasante	Eléctrico	5,44	500	1	5,44
E_Limpiador Desengrasante	Eléctrico	5,44	1000	1	5,44
E_Limpiador Desengrasante	Eléctrico	5,44	1500	1	5,44
E_Limpiador Desengrasante	Eléctrico	5,44	2000	1	5,44

**Tabla 35***Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (E\_Mano de Obra)*

<b>Fila</b>	<b>Fuente</b>	<b>Precio</b>	<b>Tipo de P Mantenimiento (Hr)</b>	<b>Cantidad (L)</b>	<b>Total</b>
E_Mano de Obra	Eléctrico	294,11	500	1	294,11
E_Mano de Obra	Eléctrico	294,11	1000	1	294,11
E_Mano de Obra	Eléctrico	294,11	1500	1	294,11
E_Mano de Obra	Eléctrico	294,11	2000	1	294,11

**Tabla 36***Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (E\_Penetrante en Spray)*

<b>Fila</b>	<b>Fuente</b>	<b>Precio</b>	<b>Tipo de P Mantenimiento (Hr)</b>	<b>Cantidad (L)</b>	<b>Total</b>
E_Penetrante en Spray	Eléctrico	11,55	500	1	11,55
E_Penetrante en Spray	Eléctrico	11,55	1000	1	11,55
E_Penetrante en Spray	Eléctrico	11,55	1500	1	11,55
E_Penetrante en Spray	Eléctrico	11,55	2000	1	11,55

**Tabla 37***Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (E\_Spray limpiador de Contacto Eléctrico)*

<b>Fila</b>	<b>Fuente</b>	<b>Precio</b>	<b>Tipo de P Mantenimiento (Hr)</b>	<b>Cantidad (L)</b>	<b>Total</b>
E_Spray limpiador de Contacto Eléctrico	Eléctrico	9,8	500	1	9,8
E_Spray limpiador de Contacto Eléctrico	Eléctrico	9,8	1000	1	9,8
E_Spray limpiador de Contacto Eléctrico	Eléctrico	9,8	1500	1	9,8
E_Spray limpiador de Contacto Eléctrico	Eléctrico	9,8	2000	1	9,8

### ***4.2.3 Montacarga Eléctrico***

- Aplicaciones

Las carretillas elevadoras eléctricas son ideales para trabajar en interiores debido a sus bajas emisiones. Sin embargo, aquellos con componentes sellados, incluidos motores, controladores y conectores, también pueden funcionar al aire libre.

- **Ventajas**

1. Producir cero emisiones
2. Coste de mantenimiento reducido
3. Mayor vida económica
4. Niveles de ruido más bajos
5. Menor costo de combustible
6. Los requisitos de ancho de pasillo son menores que los de una carretilla elevadora IC

- **Desventajas**

1. Mayor costo inicial
2. Disponibilidad limitada de más de 15,000 libras
3. Necesidad de estación de cambio de batería
4. Necesidad de capacitación en mantenimiento de baterías

- Recarga de Batería

La carga de una carretilla elevadora eléctrica es una consideración crucial. El proceso de recarga implica un tiempo de espera significativo. Por lo general, una batería estándar para una carretilla eléctrica requiere 8 horas para cargarse por completo, seguidas de 8 horas adicionales de enfriamiento antes de poder ser utilizada nuevamente.

La duración de una sola carga varía entre 3 y 12 horas, dependiendo de la aplicación y otros factores. En caso de tener turnos de trabajo múltiples, es posible que sea necesario

adquirir baterías adicionales, dependiendo de la marca y modelo de la carretilla. Además, es importante realizar un mantenimiento adecuado y tener en cuenta el estado general de las baterías, ya que esto puede afectar su vida útil.

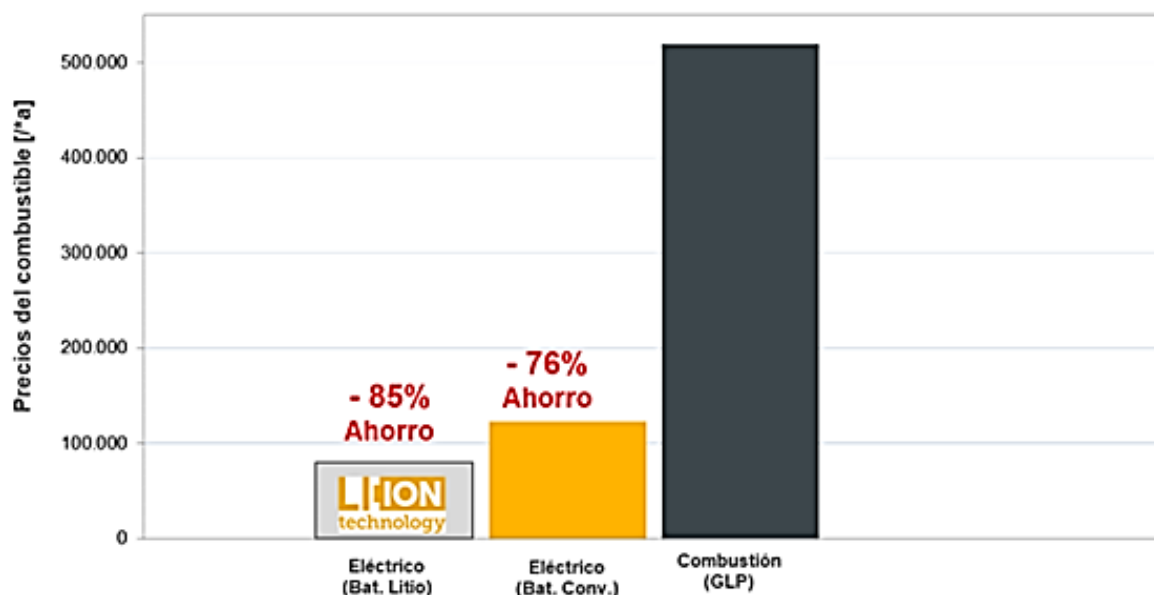
Al seleccionar una carretilla elevadora eléctrica, es importante considerar su eficiencia energética. La duración de la operación tiene un impacto significativo en la productividad de su negocio. Por ejemplo, la última generación de productos eléctricos para almacenes fabricados por Jungheinrich ha sido diseñada con un enfoque en la eficiencia energética. Esto permite que la carretilla elevadora funcione durante períodos más prolongados con una sola carga de batería. En la (Figura 6) se puede apreciar los parámetros de los montacargas con batería de litio y plomo.

- Costo del combustible

Los montacargas eléctricos funcionan con energía de batería, lo que resulta en ahorros significativos en costos de combustible con el tiempo.

**Figura 6**

Costo Energético



Fuente: (Chang, 2018)

**Tabla 38**

*Detalle por Insumos de Costos por Parte de Montacargas Eléctrico vs Combustión (Total General)*

<b>Tipo de Mantenimiento</b>	<b>Combustión</b>	<b>Eléctrico</b>
500 H	\$382,37	\$350,22
1000 H	\$719,87	\$350,22
1500 H	\$382,37	\$350,22
2000 H	\$1.600,76	\$1.037,23
<b>Total</b>	<b>\$3.085,37</b>	<b>\$2.087,89</b>

Los montacargas eléctricos tienden a tener un gasto mensual más bajo en comparación con los de combustión como se aprecia en la (Tabla 38), gracias a su mayor eficiencia energética y costos operativos más bajos.

Sin embargo, es esencial considerar factores individuales, como el precio de la electricidad y del combustible, así como las necesidades y condiciones específicas de uso de los montacargas, para determinar el gasto mensual de manera más precisa.

#### **4.2.4 Montacargas a Combustión**

- Aplicaciones

Las carretillas elevadoras de combustión interna (IC) son ideales para uso en exteriores, pero si funcionan con propano, se pueden usar tanto en interiores como en exteriores.

- Ventajas

1. Mejor para recorridos largos, alta velocidad y rampas
2. Capacidad de más de 35,000 lbs.
3. Fácil de repostar

- Desventajas

1. El uso en interiores requiere una buena ventilación.
2. Mayor mantenimiento
3. Mayor costo de combustible

- Repostaje

El principal beneficio de un montacarga a combustión es la capacidad de repostar sobre la marcha; simplemente se carga un nuevo tanque o se rellena con Diesel en una estación de servicio aprobada por OSHA y el montacargas estará listo para continuar trabajando. La desventaja es que, en algunas aplicaciones, es posible que deba reabastecerse de combustible durante un turno.

- Costo de Mantenimiento

Los costos de mantenimiento de los montacargas a combustión pueden fluctuar considerablemente. En el caso de los montacargas de combustión interna (IC), es necesario llevar a cabo un mantenimiento regular y realizar inspecciones del motor con el fin de minimizar los costos de mantenimiento y reparaciones a largo plazo.

- Actuación

Los montacargas de combustión se emplean principalmente en aplicaciones de servicio pesado, como patios de ladrillos y madera, donde se necesita una mayor capacidad y rendimiento para mover las cargas específicas de dichas aplicaciones.

Por otro lado, las carretillas elevadoras eléctricas solían estar disponibles principalmente en capacidades más bajas.

- Costos de Posesión

Los costos de posesión son los costos fijos de tener una máquina durante todo su ciclo de vida útil. Estos costos están relacionados con los costos iniciales de adquisición de los equipos. Están siempre presentes y no los afecta el número de horas de uso de la máquina.

En la (Tabla 39), se puede ver en resumen el cálculo de los costos de posesión para un montacargas a gasolina versus uno eléctrico de las mismas características.



**Tabla 39***Costo de Posición*

<b>POSESIÓN</b>	<b>C.I.</b>	<b>Eléctrico</b>
Capacidad del Montacargas [Kg]:	2500	2500
Precio del Montacargas [\$]:	30000	35000
Vida útil estimada (años):	8	12
<b>Costo anual del montacargas [\$]:</b>	<b>3750</b>	<b>2916,67</b>
Costo de la Batería (2 por montacargas) [\$]:	N/A	25000
Vida útil estimada (años):	N/A	6
<b>Costo anual de la batería [\$]:</b>	<b>N/A</b>	<b>4166,67</b>
Costo del Cargador [\$]:	N/A	3400
Vida útil estimada (años):	N/A	12
<b>Costo anual del cargador [\$]:</b>	<b>N/A</b>	<b>283,33</b>
<b>Costo anual de posesión [\$]:</b>	<b>3750</b>	<b>7366,67</b>

El precio del montacargas, de las baterías y del cargador es dado por el fabricante del equipo. La vida útil estimada de los montacargas en años está dada por las horas de trabajo totales que pueda alcanzar en función de los ciclos de trabajo y el mantenimiento que reciba durante su vida útil.

Por la experiencia adquirida, conociendo el sitio, las condiciones de trabajo de estos equipos, la clase de mantenimiento que reciben, además de la información histórica del cliente se puede concluir que la vida útil esperada debe superar las 30000 horas de operación para montacargas con motor a gasolina.

Si trabajan 4000 horas al año esto equivaldría a una vida útil estimada de 8 años. Para los montacargas eléctricos se considera una vida útil estimada de 12 años, esta consideración es basada en la experiencia personal y en que los montacargas eléctricos por tener menor cantidad de piezas se desgastan menos.

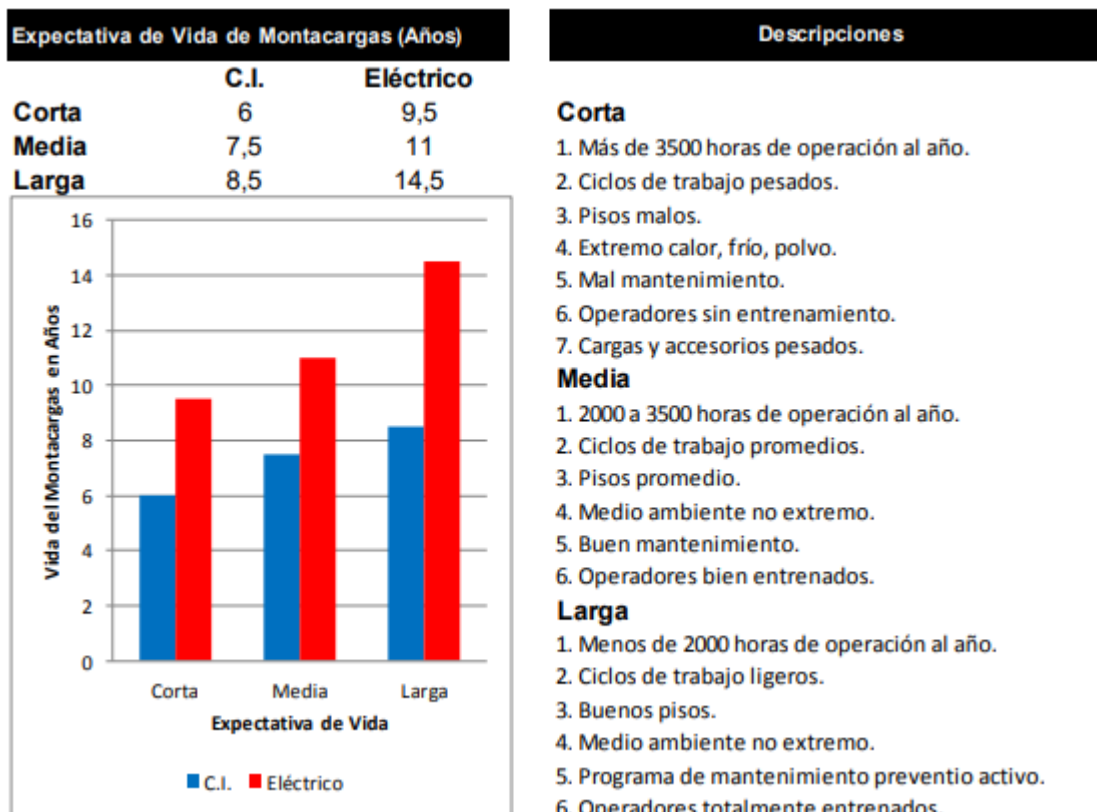
Para confirmar estas consideraciones se puede observar en la tabla 43 información estadística de un fabricante de montacargas. De acuerdo a esta tabla, los equipos tendrían una expectativa de vida media, lo que confirma lo expresado anteriormente sobre la vida útil estimada en años para los montacargas que se están analizando.

La vida útil estimada de las baterías está dada en función de la cantidad de ciclos de carga, que puede soportar en su vida de trabajo como se aprecia en la (Figura 7). Baterías de buena calidad soportan con facilidad 1800 ciclos de carga.

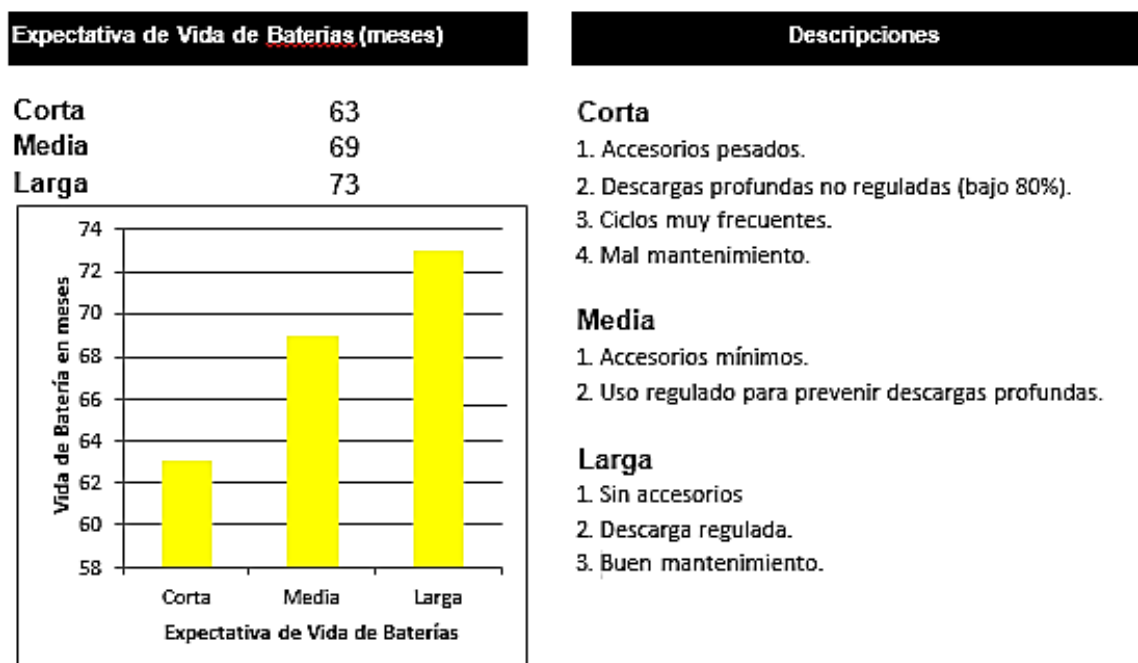
El ciclo de trabajo de la batería es 8 horas de trabajo, 8 horas de carga y 8 horas de reposo, por lo que si se quiere trabajar más de un turno es necesario contar con baterías adicionales. Para este caso en particular con 300 días de trabajo al año, los 1800 ciclos de carga se cumplirían en 6 años.

**Figura 7**

Expectativa de Vida de Montacargas (Años)



Fuente: (García, 2016)

**Figura 8***Expectativa de Vida de Baterías (Meses)*

Fuente: (Garcia, 2016)

- Costos de Operación

En la (Figura 8), se aprecia la información estadística de un fabricante de montacargas sobre la expectativa de vida de las baterías.

**Tabla 40***Costo Anual del Combustible/Energía*

Combustible / Energía	C. I.	Eléctrico
Costo del combustible Galón / Kwh [\$]:	1,48	0,07
Tanques / Baterías por turno:	1,00	1,00
Galones tanque / Kwh batería:	8,00	32,00
Turnos por día:	2,00	2,00
Combustible por día (galones / Kwh):	16,00	64,00
Días por año:	300,00	300,00
<b>Costo anual del combustible/energía [\$]:</b>	<b>7104,00</b>	<b>1344,00</b>

Los costos de operación son los costos variables de operar la máquina. Estos costos varían con el número de horas, depende de la aplicación y del tipo de trabajo que realice la máquina. En la (Tabla 40), se puede ver en resumen el cálculo de los costos de operación para

un montacargas a gasolina versus uno eléctrico de las mismas características.

El consumo de combustible que se ha utilizado es basado en la información dada por el fabricante y por la experiencia en este tipo de equipos.

- Costos de Mantenimiento

Los costos de mantenimiento son los costos variables para mantener productiva la máquina. En la (Tabla 41), se puede ver un resumen de los costos de mantenimiento para un montacargas a gasolina versus uno eléctrico de las mismas características.

**Tabla 41**

Costo Anual de Mantenimiento

<b>Mantenimiento / Servicio</b>	<b>Combustión</b>	<b>Eléctrico</b>
Costo estimado por hora [\$]:	1,60	1,00
Costos adicionales (llantas) [\$]:	0,40	0,40
Horas de operación al año:	4000,00	4000,00
<b>Costo anual de mantenimiento [\$]:</b>	<b>8000,00</b>	<b>5600,00</b>

El costo estimado por hora utilizado para el cálculo está dado en función a la experiencia en el manejo de flotas de alquiler de montacargas.

El costo por hora de las llantas es un parámetro que puede variar mucho de una aplicación a otra ya que depende de la calidad de la llanta, de la calidad del piso, del tipo de aplicación y en gran parte del operador. El valor utilizado aquí fue proporcionado por el cliente en función de su experiencia. Si se suma los costos anuales de cada equipo se obtiene lo siguiente como se aprecia en la (Tabla 42).

**Tabla 42**

*Costo Anual Total*

	<b>Combustión</b>	<b>Eléctrico</b>
Costo Anual Total [\$]:	18854,00	14310,67

Esto representa un ahorro anual de \$4543,33 por equipo si se utilizan montacargas eléctricos en lugar de los de combustión interna.

- Matriz de Decisión de Montacargas

Se puede observar en la (Tabla 43), la matriz utilizada para la selección del montacargas. En este caso se consideraron 6 criterios de decisión y a cada uno se lo ponderó en función de la importancia para este cliente en particular.

**Tabla 43**

*Criterio Decisión de Montacarga*

Criterio de Decisión	Ponderación	Calificación		Calificación Ponderada	
		Combustión	Eléctrico	Combustión	Eléctrico
Costos de Posesión	30%	3	1	0,9	0,3
Costos de Operación	20%	1	3	0,2	0,6
Costos de Mantenimiento	20%	2	3	0,4	0,6
Emisión de gases	10%	1	3	0,1	0,3
Ruido	10%	1	3	0,1	0,3
Comodidad del operador	10%	2	3	0,2	0,3
<b>Total</b>	<b>100%</b>			<b>1,9</b>	<b>2,4</b>

Del resultado obtenido en la matriz se deduce que la mejor opción es el montacargas eléctrico.

#### **4.2.5 Análisis QFD**

El QFD relaciona las características de calidad definidas por el cliente (QUÉs) y los (CÓMOs) que es la manera en que la empresa asegura la satisfacción del cliente utilizando los recursos disponibles. A continuación, en la (Figura 9), se evidencia el resultado de la aplicación de la herramienta:

Figura 9

Matriz QFD

	Importancia del cliente	Porcentaje de importancia	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <span style="color: red;">+</span> <span style="color: blue;">-</span> </div>		Jungheinrich	Toyota
			características del montacarga eléctrico	características del montacargas de combustión		
Capacidad de carga	5	11%	◎	○	◎	○
Seguridad	4	9%	◎	△	○	△
Maniobrabilidad	4	9%	◎	△	◎	△
Costo adquisición	5	11%	◎	△	◎	△
Eficiencia energética	4	9%	○	□	○	□
Ruido	4	9%	□	◎	□	□
Facilidad de mantenimiento	3	6%	□	◎	□	□
Durabilidad	5	11%	◎	□	◎	◎
Ergonomía	3	6%	◎	□	◎	◎
Versatilidad	4	9%	◎	○	◎	◎
Costo de la Batería	3	6%	○		○	○
Costo de combustible	3	6%		◎	◎	◎
Rango de importancia			7,83	6,91		
Porcentaje de Importancia			53%	47%		
Prioridad			1	2		

PONDERACIÓN	
◎	9
○	8
△	7
□	6

Fuente: (Moral, 2014)

Paso 1: Identificar las Preferencias de los Clientes.

Los clientes potenciales son encuestados para saber cómo ven la calidad del proceso de transporte de carga como parte de la construcción de la matriz QFD. Se considero 12 ítems, enumeran las características técnicas para un montacargas, que se reflejan en lado izquierdo de la matriz, según los criterios del cliente estos son:

- Capacidad de carga
- Seguridad
- Maniobrabilidad
- Costo adquisición
- Eficiencia energética
- Ruido

- Facilidad de mantenimiento
- Durabilidad
- Ergonomía
- Versatilidad
- Costo de la Batería
- Costo de combustible

Paso 2: Valoración de cada Ítem según el Criterio de los Clientes.

Junto a cada una de las necesidades de los clientes, se debe asignar una calificación de la importancia de cada requisito en una escala del 1 al 5. Dado que es posible que los clientes califiquen varias características como muy importantes, pueden tener varios 4 o 5.

En la columna de “*porcentaje de importancia*”, se debe calcular el porcentaje de la calificación de importancia del cliente para cada requisito. Para eso se suma el total de las calificaciones asignada a cada requisito (del 1 al 5) y dividirlo de forma individual por cada una de las calificaciones

Paso 3: Análisis de las Características de Montacargas Eléctricos vs Montacargas de Combustión.



En estas dos columnas de las características de montacargas eléctricos/combustión, se asigna símbolos los cuales están en la matriz de ponderación, estos se califican según los parámetros que afectan las necesidades de los clientes y en qué medida. Como ejemplo, si los clientes califican la característica de “durabilidad” para montacargas eléctricos vs montacarga de combustión, se tiene una calificación alta de 9, que está representado con el símbolo  diferencia de la calificación de 6, que está representado con el símbolo  este proceso se realiza en ambas columnas según el criterio del cliente como se observa en la (Figura 10).

Figura 10

Matriz QFD

	Importancia del cliente	Porcentaje de importancia	+ -		Jungheinrich	Toyota
			▲ características del montacarga eléctrico	▼ características del montacargas de combustión		
Capacidad de carga	5	11%	○	○	○	○
Seguridad	4	9%	○	△	○	△
Maniobrabilidad	4	9%	○	△	○	△
Costo adquisición	5	11%	○	△	○	△
Eficiencia energética	4	9%	○	□	○	□
Ruido	4	9%	□	○	□	□
Facilidad de mantenimiento	3	6%	□	○	□	□
Durabilidad	5	11%	○	□	○	○
Ergonomía	3	6%	○	□	○	○
Versatilidad	4	9%	○	○	○	○
Costo de la Batería	3	6%	○		○	○
Costo de combustible	3	6%		○	○	○
Rango de importancia			7,83	6,91		
Porcentaje de importancia			53%	47%		
Prioridad			1	2		

Fuente: (García, 2016)

Paso 4: Valores en el Rango de Importancia

Para obtener el valor de la casilla de “Rango de Importancia”, una vez que se llenó ambas columnas. Para calcular la calificación de importancia, multiplica el porcentaje de la calificación de importancia con la calificación de relación para cada una de las necesidades. En nuestro ejemplo, “durabilidad” tiene una calificación de importancia del 11 % que equivale ( $11/100 = 0.11$ ) y una calificación de relación de 9, por lo que el total sería ( $0.11 * 9 = 0.99$ ). A continuación, se suma los totales para obtener el rango de importancia para las columnas de montacarga eléctrico ▼ y montacarga mecánico ▲.

Para obtener el “porcentaje de importancia”, suman los dos valores en ambas columnas y se dividen de forma individual por cada una de ellas.

Paso 5: Obtención de la “Prioridad”



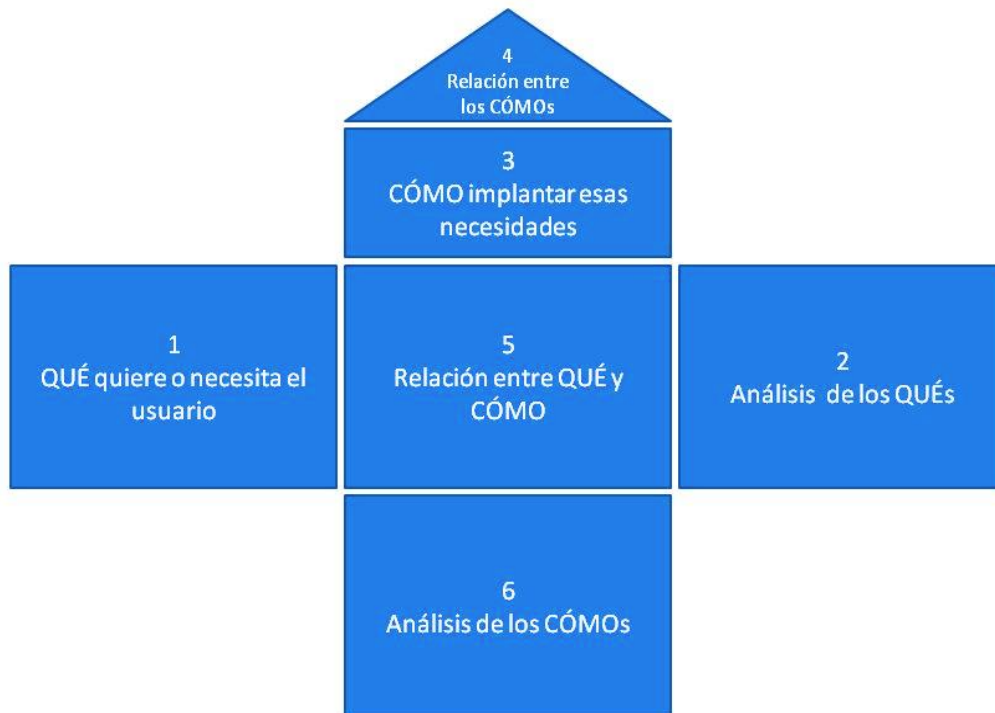
Para obtener la “Prioridad” se observa que porcentaje es mayor por lo cual, se observa que las características de montacarga eléctrico tienen un valor superior a diferencia de la columna de las características de montacargas de combustión como se ve en la (Figura 11). Por lo tanto, le corresponde el número "1" que está identificado como “prioridad” y a su vez el signo de “+”.

**Figura 11**

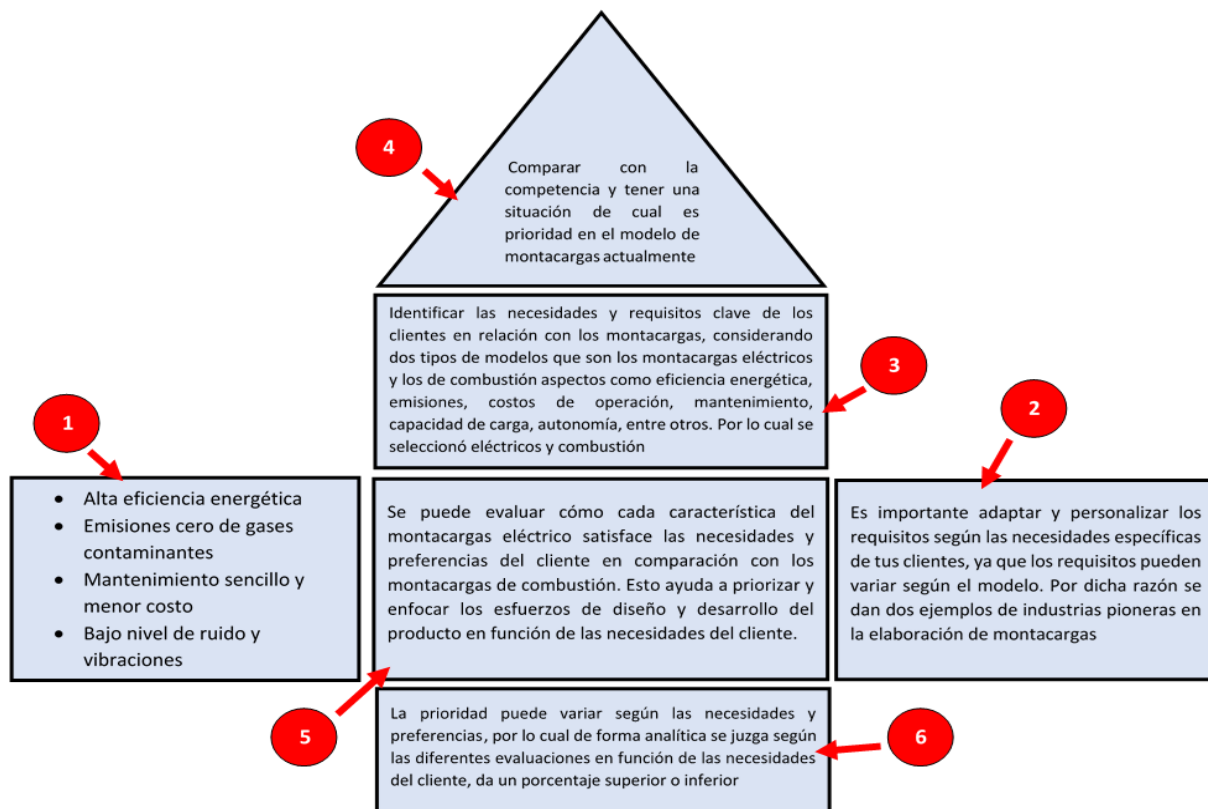
*Descripción del QFD principal*

	Importancia del diente	Porcentaje de importancia	+ -		Jungheinrich	Toyota
			características del montacarga eléctrico	características del montacargas de combustión		
Capacidad de carga	5	11%	○	○	○	○
Seguridad	4	9%	○	△	○	△
Maniobrabilidad	4	9%	○	△	○	△
Costo adquisición	5	11%	○	△	○	△
Eficiencia energética	4	9%	○	□	○	□
Ruido	4	9%	□	○	□	□
Facilidad de mantenimiento	3	6%	□	○	□	□
Durabilidad	5	11%	○	□	○	○
Ergonomía	3	6%	○	□	○	○
Versatilidad	4	9%	○	○	○	○
Costo de la Batería	3	6%	○		○	○
Costo de combustible	3	6%		○	○	○
<b>Rango de importancia</b>			7,83	6,91		
<b>Porcentaje de Importancia</b>			53%	47%		
<b>Prioridad</b>			1	2		

Fuente: (Garcia, 2016)

**Figura 12***Matriz QFD de Metodología*

Autor: (García, 2016)

**Figura 13***Matriz de Metodología QFD*

#### ***4.2.6. Descripción del Contenido de la Matriz QFD (Metodología)***

La matriz QFD (Quality Function Deployment) es una metodología utilizada para traducir las necesidades y expectativas del cliente en características técnicas y de diseño de un producto o servicio. En el caso de la comparación entre montacargas eléctricos y de combustión, el tema se centraría en las características y atributos relevantes para ambas opciones como se aprecia en la (Figura 12 y 13).

##### *Paso 1*

Selección de las variables o características acorde al cliente

- Alta eficiencia energética
- Emisiones cero de gases contaminantes
- Mantenimiento sencillo y menor costo
- Capacidad de carga suficiente
- Bajo nivel de ruido y vibraciones
- Capacidad para maniobrar en espacios reducidos
- Precio competitivo

##### *Paso 2*

Es importante adaptar y personalizar los requisitos según las necesidades específicas de tus clientes, ya que los requisitos pueden variar según el modelo. Por dicha razón se dan dos ejemplos de industrias pioneras en la elaboración de montacargas.

##### *Paso 3*

Identificar las necesidades y requisitos clave de los clientes en relación con los montacargas, considerando dos tipos de modelos que son los montacargas eléctricos y los de combustión aspectos como eficiencia energética, emisiones, costos de operación, mantenimiento, capacidad de carga, autonomía, entre otros. Por lo cual se seleccionó eléctricos y combustión.

#### Paso 4

Comparar con la competencia y tener una situación de cual es prioridad en el modelo de montacargas actualmente.

#### Paso 5

Se puede evaluar cómo cada característica del montacargas eléctrico satisface las necesidades y preferencias del cliente en comparación con los montacargas de combustión. Esto ayuda a priorizar y enfocar los esfuerzos de diseño y desarrollo del producto en función de las necesidades del cliente.

#### Paso 6

La prioridad puede variar según las necesidades y preferencias, por lo cual de forma analítica se juzga según las diferentes evaluaciones en función de las necesidades del cliente, da un porcentaje superior o inferior.

La matriz QFD de metodología es una herramienta esencial en el tema de montacargas eléctricos vs. de combustión, permite comprender las necesidades del cliente, priorizar características, establecer relaciones entre requisitos y características, mejorar la competitividad, reducir riesgos y costos, y orientar estratégicamente el proceso de diseño y desarrollo del producto. Por lo tanto, los montacargas eléctricos son mejores que los montacargas de combustión.

#### **4.2.7 Encuesta (Matriz QFD - Voz del Cliente (VOC))**

La Voz del Cliente (VOC) desempeña un papel crucial al comparar montacargas eléctricos con montacargas de combustión. A través de la recopilación de opiniones y comentarios directos de los usuarios, se revelan perspectivas valiosas sobre aspectos fundamentales. Estos incluyen la eficiencia operativa y los costos asociados, el impacto ambiental percibido, el rendimiento en términos de capacidad y maniobrabilidad, la facilidad de uso y seguridad durante la operación, así como la adaptabilidad a diversos entornos y tipos

de carga, como se observa en la (Tabla 44).

**Tabla 44**

*Encuesta (Matriz QFD)*

PREGUNTAS		Montacargas Eléctricos	Montacargas de Combustión
1	¿Cuál tipo de montacargas generalmente ofrece una mayor capacidad de carga?	9	8
2	¿Cuál de los dos tipos de montacargas tiende a ofrecer un mayor nivel de seguridad?	9	7
3	¿Cuál tipo de montacargas suele tener una mejor maniobrabilidad en espacios reducidos?	9	7
4	¿Cuál de los dos tipos de montacargas tiende a tener un costo de adquisición más bajo?	9	7
5	¿Cuál tipo de montacargas es generalmente más eficiente en términos de consumo de energía?	8	6
6	¿Cuál tipo de montacargas tiende a generar menos ruido durante su funcionamiento?	8	9
7	¿Cuál de los dos tipos de montacargas suele requerir menos mantenimiento?	9	8
8	¿Cuál tipo de montacargas tiende a tener una mayor durabilidad?	9	6
9	¿Cuál de los dos tipos de montacargas ofrece una mejor ergonomía para los operadores?	9	6
10	¿Cuál tipo de montacargas suele ser más versátil en términos de aplicaciones y entornos de trabajo?	9	8

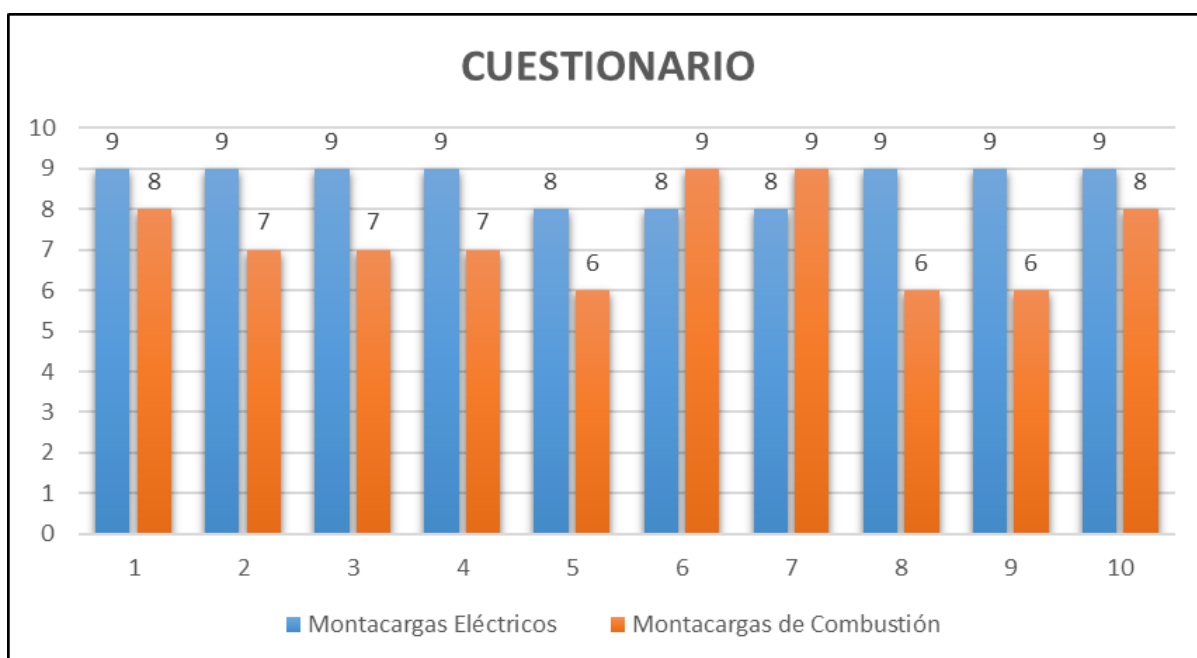
Mediante el análisis de la información recolectada y la revisión de diferentes puntos de vista, se obtuvo una visión integral y objetiva de los montacargas eléctricos y de combustión, permitiendo a los clientes tomar decisiones informadas acerca de las características de estos equipos.

Los montacargas eléctricos destacan por ofrecer una mayor capacidad de carga, un mayor nivel de seguridad, mejor maniobrabilidad en espacios reducidos y un costo de

adquisición más bajo. También son más eficientes en términos de consumo de energía, generan menos ruido durante su funcionamiento, requieren menos mantenimiento, son más duraderos, ofrecen una mejor ergonomía para los operadores y son más versátiles en términos de aplicaciones y entornos de trabajo. Como se muestra en los datos estadísticos en la (Figura 14). En el cual el eje de las “y” es la calificación del cliente y el eje “x” son el número de las preguntas según su asignación.

**Figura 14**

*Resultado Cuestionario de la Matriz QFD*



Fuente: (Hair, 2017)

Sin embargo, es importante tener en cuenta que los resultados pueden variar dependiendo de las necesidades y circunstancias específicas de cada caso. Siempre es recomendable evaluar los requisitos particulares antes de tomar una decisión sobre qué tipo de montacargas utilizar.

A continuación, se tiene los resultados de forma analítica, que se realiza a 17 personas sobre las características de los montacargas eléctricos y de combustión sobre cual es mejor dentro de la industria.

La (Tabla 44), presenta una comparación entre montacargas eléctricos y montacargas de combustión en diferentes aspectos, que se enmarcan en los siguientes aspectos:

- Capacidad de carga: Los montacargas eléctricos obtuvieron una puntuación de 9, mientras que los montacargas de combustión obtuvieron una puntuación de 8. Esto sugiere que, en general, los montacargas eléctricos tienen una mayor capacidad de carga.
- Seguridad: Los montacargas eléctricos obtuvieron una puntuación de 9, mientras que los montacargas de combustión obtuvieron una puntuación de 7. Esto indica que los montacargas eléctricos tienden a ofrecer un mayor nivel de seguridad.
- Maniobrabilidad: Tanto los montacargas eléctricos como los de combustión obtuvieron una puntuación de 9 en términos de maniobrabilidad en espacios reducidos.
- Costo de adquisición: Los montacargas eléctricos obtuvieron una puntuación de 9, mientras que los montacargas de combustión obtuvieron una puntuación de 7. Esto sugiere que los montacargas eléctricos suelen tener un costo de adquisición más bajo.
- Eficiencia energética: Los montacargas eléctricos obtuvieron una puntuación de 8, mientras que los montacargas de combustión obtuvieron una puntuación de 6. Esto indica que los montacargas eléctricos tienden a ser más eficientes en términos de consumo de energía.
- Ruido: Los montacargas eléctricos obtuvieron una puntuación de 8, mientras que los montacargas de combustión obtuvieron una puntuación de 9. Esto sugiere que los montacargas eléctricos generan menos ruido durante su funcionamiento.
- Facilidad de mantenimiento: Los montacargas eléctricos obtuvieron una puntuación de 9, mientras que los montacargas de combustión obtuvieron una puntuación de 8. Esto indica que los montacargas de combustión suelen requerir menos mantenimiento.

- *Durabilidad*: Los montacargas eléctricos obtuvieron una puntuación de 9, mientras que los montacargas de combustión obtuvieron una puntuación de 6. Esto sugiere que los montacargas eléctricos tienden a tener una mayor durabilidad.
- *Ergonomía*: Los montacargas eléctricos obtuvieron una puntuación de 9, mientras que los montacargas de combustión obtuvieron una puntuación de 6. Esto indica que los montacargas eléctricos ofrecen una mejor ergonomía para los operadores.
- *Versatilidad*: Los montacargas eléctricos obtuvieron una puntuación de 9, mientras que los montacargas de combustión obtuvieron una puntuación de 8. Esto sugiere que los montacargas eléctricos suelen ser más versátiles en términos de aplicaciones y entornos de trabajo.

En general, los montacargas eléctricos obtuvieron una puntuación total de 87, mientras que los montacargas de combustión obtuvieron una puntuación total de 73. Esto indica que los montacargas eléctricos.

#### ***4.2.8 Análisis de Rendimiento de Montacarga de Combustión vs Eléctrico***

El análisis de rendimiento de montacargas de combustión versus eléctricos se centra en comparar y evaluar el desempeño de estos dos tipos de montacargas en diferentes aspectos. Los montacargas de combustión utilizan motores de combustión interna, como motores de gasolina o diésel, mientras que los montacargas eléctricos funcionan con baterías eléctricas.

En términos de eficiencia energética, los montacargas eléctricos suelen ser más eficientes que los de combustión, ya que los motores eléctricos tienen una mayor eficiencia energética y no requieren la quema de combustible. Esto se traduce en un menor consumo de energía y una reducción en los costos operativos a largo plazo.

En cuanto a la emisión de gases y contaminantes, los montacargas de combustión generan emisiones de gases de escape, como dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas nocivas, lo que contribuye a la contaminación del aire y al impacto ambiental. Por



otro lado, los montacargas eléctricos son más limpios en términos de emisiones, ya que no generan gases de escape directamente.

En relación con el rendimiento y la capacidad de carga, los montacargas de combustión suelen tener una mayor capacidad de carga y pueden ser más adecuados para aplicaciones que requieren un manejo de cargas pesadas.

En la (Figura 15), se observa un análisis de criterio en comparación de un montacargas eléctrico vs uno de combustión.

### Figura 15

#### Análisis de Rendimiento de Montacarga de Combustión vs Eléctrico

Criterios	Batería de plomo	Tanque de combustible	Batería de iones de litio
Uso previsto	Operaciones sencillas	Grandes, flotas, 3 turnos, lim. e-infraestructura	1-3 turnos
Costo de inversión	Bajo	Muy alto (Tanques area clasificada, punto carga H2, tubulación, etc=aprox. C 0.5-1 millón) Batería 2.3 X mas caro	Bajo a Medio (infra electrica)
Costes de energía	(Eco) electricidad	Hidrógeno; aprox. 3 veces el coste eléctrico	(Eco) electricidad: -20% debido a una mayor eficiencia energética
Espacio	Medio (casa baterias)	Muy alto*	Libre de mantenimiento
Coste de mantenimiento	Alto mantenimiento	Muy alto mantenimiento	Ninguna
Tiempo de carga	6-8 h	3 min	1 h o carga optuna
Nuevo Concepto de montacarga	No, sistemas de batería estandarizados	Alto costes	Sistema modular
Libre de emisiones	Solo hidrogeno	Calor	Cero
Rendimiento	conocido	Limitadi, potencial a través del desarrollo interno	Debido a los niveles de voltaje estables > ácido de plomo
Ruido	Cero	Alto Ruido de ventilación	Cero
Vida útil	> 1.200 ciclos	10.000 h (hasta 20.000 h)	3.000 ciclos (completos) > 18.000 h

Ventaja	Neutro	Desventaja
---------	--------	------------

Fuente: (Almeida, 2019)

## Conclusiones

La recopilación y análisis de teorías sobre la utilidad de los montacargas en el sector productivo ha reafirmado la superioridad indiscutible de los montacargas eléctricos. Esta investigación proporciona una base sólida y fundamentada para que las empresas tomen decisiones informadas y estratégicas al considerar la implementación de montacargas en sus operaciones. Al adoptar la tecnología de montacargas eléctricos, las empresas no solo están garantizando su propia eficiencia y rentabilidad, sino también contribuyendo activamente a un entorno más sostenible y respetuoso con el medio ambiente en el panorama industrial.

La evidencia presentada en este estudio respalda firmemente la conclusión de que los montacargas eléctricos son la opción preferida en términos de rendimiento y potencia. Estos hallazgos no solo ofrecen a las empresas una guía valiosa para la toma de decisiones informadas en la adquisición de equipos de manipulación de cargas, sino que también enfatizan la importancia de la adopción de tecnologías más eficientes y sostenibles en el ámbito industrial.

El análisis ha validado con autoridad la utilidad indiscutible de los montacargas eléctricos en la logística y el movimiento de cargas. Sus ventajas claras y cuantificables, demostradas a través del análisis QFD, resaltan cómo estos equipos han revolucionado la manera en que las empresas abordan sus desafíos logísticos y operativos. Al adoptar tecnologías más limpias y eficientes, las organizaciones pueden aspirar a un futuro donde la excelencia operativa y la responsabilidad ambiental convergen, propiciando un entorno industrial más sostenible y progresista.

## **Recomendaciones**

Se recomienda a las empresas que realicen un análisis detallado de sus necesidades específicas en términos de logística y manipulación de cargas, y que consideren cómo los montacargas eléctricos pueden integrarse de manera óptima en sus operaciones. Además, se sugiere buscar asesoramiento de expertos en equipos de manejo de carga eléctrica para asegurarse de que la elección de los modelos y las capacidades sea la más adecuada para las tareas requeridas.

Es fundamental que las empresas busquen asesoramiento de expertos en equipos de manipulación de carga eléctrica para garantizar una transición fluida y exitosa. Además, se sugiere invertir en la capacitación adecuada para los operadores de montacargas eléctricos, ya que la familiarización con esta tecnología mejorará la productividad y la seguridad en el lugar de trabajo. Esta recomendación no solo busca impulsar la eficiencia operativa y la competitividad de las empresas, sino también subrayar la importancia de asumir un enfoque proactivo hacia la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental.

Para garantizar una transición exitosa hacia montacargas eléctricos, se recomienda iniciar un proceso de evaluación exhaustiva de las necesidades logísticas específicas de cada empresa. Esto debe ir acompañado de una inversión en capacitación adecuada para los operadores, para asegurar un manejo eficiente y seguro de esta tecnología avanzada. La adopción de tecnologías más limpias y eficientes no solo aumentará la excelencia operativa de las empresas, sino que también posicionará a las organizaciones como líderes en responsabilidad ambiental y sostenibilidad.

### Bibliografía

- Almeida. (2019). Costos de mantenimiento en montacargas electricos. *McGraw-Hill*.
- Chang. (2018). Como realizar una investigacion en el SIGLO XXI. *Elsevier*.
- Fisher. (2021). Investigacion descriptiva aplicada en tesis. *Pearson Education*.
- Garcia, L. (2016). *Indicadores de la gestión logística*. MIT Press: Ecoe Ediciones.
- Hair. (2017). Análisis de datos cuantitativos. *Bloomsbury*.
- Hernández. (2016). Investigación documental.
- Hunt, J. D., Nascimento, A., Zakeri, B., Jurasz, J., Dąbek, P. B., Barbosa, P. S. F., ... & Riahi, K. (2022). Lift Energy Storage Technology: A solution for decentralized urban energy storage. *Energy*, 254, 124102.storage. *Energy*, 254, 124102.
- Lee. (2019). "*Design and Implementation of Methology*. *ournal of Electrical Engineering and Technology*.
- Lewin. (2017). Investigación acción. *Oxford University Press*.
- Mendez. (2018). Innovaciones en Montacargas Eléctricos para la Logística Moderna. *Ediciones Logística Avanzada*.
- Méndez Torres, P. W., Gómez Berrezueta, M. F., & Llerena Mena, A. F. (2020). Análisis de la viabilidad para la implementación de vehículo eléctrico que preste servicio de taxi en la ciudad de Cuenca.
- Meza, N. (2014). *Tips para tener un proceso de logística exitoso*. Forbes Mexico.
- Montoya, R., & Espinal, A. (2017). *Logística inversa, un enfoque con responsabilidad social empresarial*. Universidad Nacional de Colombia.

- Mora, A. (2017). *Gestión logística en centros de distribución, bodegas y almacenes*. Ecoe Ediciones.
- Moral, L. (2014). *Logística del transporte y distribución de carga*. ECOE Ediciones.
- Ramírez, A. (2015). *Logística comercial internacional*. Universidad del Norte.
- Reyes Cornejo, P. (2022). Propuesta de Implementación de la Motocicleta Eléctrica Scooter NIU N1 como Alternativa de Movilidad en Guayaquil en Función del Rendimiento Energético (Doctoral dissertation, GUAYAQUIL/UIDE/2022).
- Smith. (2023). Avances en Montacargas Eléctricos: Eficiencia y Sostenibilidad. *Mc Grill*.
- Tejero, J. (2015). *Logística integral: La gestión operativa de la empresa*. ESIC Editorial.
- Torres, M. (2013). *Logística y costos*. Universidad de Santader.
- Urzelai, A. (2013). *Manual básico de logística integral*. ESIC.
- Wasserman. (2017). Análisis de Investigación .
- Weste. (2019). Principles of CMOS VLSI Design.
- Yin. (2017). Estudios de caso.
- Zuluaga, A., & Gómez, R. (s.f.). Indicadores logísticos en la cadena de suministro como apoyo al modelo scor. *Revista Clío América*, 90-110.

