



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE CUENCA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**METODOLOGÍA PARA LA GESTIÓN DE COSTES DE MANTENIMIENTO MEDIANTE  
UN ESTUDIO LCC APLICADO A FLOTAS DE TRANSPORTE**

Trabajo de titulación previo a la obtención  
del título de Ingeniero Automotriz

**AUTORES: ERICK ADRIÁN GUAYACONDO CARCHI**  
**WAGNER DANIEL RAMÍREZ CABRERA**

**TUTOR: ING. CRISTIAN LEONARDO GARCÍA GARCÍA, PHD.**

Cuenca - Ecuador  
2022

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Erick Adrián Guayacondo Carchi con documento de identificación N° 0105885180 y Wagner Daniel Ramírez Cabrera con documento de identificación N° 0301867206; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 05 de abril del 2022

Atentamente,



---

Erick Adrián Guayacondo Carchi

0105885180



---

Wagner Daniel Ramírez Cabrera

0301867206

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Erick Adrián Guayacondo Carchi con documento de identificación N° 0105885180 y Wagner Daniel Ramírez Cabrera con documento de identificación N° 0301867206, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Metodología para la gestión de costes de mantenimiento mediante un estudio LCC aplicado a flotas de transporte”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 05 de abril del 2022

Atentamente,

---

Erick Adrián Guayacondo Carchi

0105885180

---

Wagner Daniel Ramírez Cabrera

0301867206

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Cristian Leonardo García García con documento de identificación N° 0103898318, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: METODOLOGÍA PARA LA GESTIÓN DE COSTES DE MANTENIMIENTO MEDIANTE UN ESTUDIO LCC APLICADO A FLOTAS DE TRANSPORTE, realizado por Erick Adrián Guayacondo Carchi con documento de identificación N° 0105885180 y por Wagner Daniel Ramírez Cabrera con documento de identificación N° 0301867206, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 05 de abril del 2022

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, consisting of several large, overlapping loops and a horizontal line across the middle.

---

Ing. Cristian Leonardo García García, PHD.

0103898318

## **DEDICATORIA**

*El presente proyecto les dedico a mis padres José Guayacondo y Amada Carchi por su apoyo incondicional en toda mi vida, por su paciencia, por la confianza depositada en mí, por haber creído en mí y que gracias a su apoyo pude cumplir una de las metas más importantes en mi vida profesional, les agradezco por el sacrificio que hicieron por permitirme darme la educación en la carrera que me gustaba y hoy se ve reflejado todo ese esfuerzo en este proyecto.*

*Así mismo le dedico este logro a mi abuela Julia Ramón y demás familia por confiar y apoyarme en cada momento, por nunca olvidarse de mí y por todas esas palabras de aliento que me brindaban en cada momento que de una u otra forma me motivaron a culminar mi carrera y espero que en este día estén todos y cada uno de ellos lo suficientemente orgullosos como yo lo estoy por haber llegado a este a cumplir esta meta*

***Erik Adrián Guayacondo Carchi***

## **DEDICATORIA**

*A lo largo de la vida estudiantil se crece profesionalmente, pero sobre todo personalmente, llega el fin donde nos detenemos a pensar todo lo que hemos alcanzado.*

*A mi madre, amiga y profesora que siempre juega un papel importante en toda mi vida.*

*A mis hermanos Paúl y Felipe que día a día me enseñan el verdadero sentido de la vida " LA FAMILIA "; el superarse día a día y saber afrontar las pruebas que nos ponga la vida. A mi compañera de vida Lesly que ha estado en mis peores momentos y cada día me enseña el verdadero sentido del amor, ser responsable y que no importa la manera, sino cumplir los sueños.*

*Un abrazo y agradecimiento mirando al cielo, a mi padre por dejarme sus enseñanzas y valores, cuidándome y enseñándome a seguir siendo fuerte para continuar con esta lucha. Cumpliré mis sueños de ser mejor cada día por las personas mencionadas para que se sientan orgullosas y compartan mis logros a lo largo de la vida.*

*Agradecer todos los días a Dios por haberme  
dado la fuerza suficiente para alcanzar mis metas, y  
estar donde estoy.*

*“Vive como si fueras a morir mañana.  
Aprende como si fueras a vivir siempre” GANDHI*

***Wagner Daniel Ramírez Cabrera***

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a cada una de las personas que me apoyaron en cada momento, gracias por no haberme permitido caer en ninguno momento ante los obstáculos que se presentaron, les doy las gracias por darme las fuerzas necesarias para continuar con este proyecto de investigación, a mis padres por haberme obsequiado este regalo como es el estudio, y que ahora vean el resultado de cada uno de los días transcurridos dentro de las aulas es gratificante para mí y espero haber conseguido que se sientan orgullosos del hijo que tienen, esto que hace apenas 5 años tal vez solo era un sueño pero al día de hoy es una realidad, que gracias a la dedicación y esfuerzo hoy he dado por cumplida una de mis metas de vida de las muchas que se vendrán en un futuro.*

*A nuestro tutor Ing. Cristian García por su asesoría y por el tiempo brindado en cada momento de este proceso, quien con sus conocimientos y apoyo nos guio durante cada una de las etapas de este proyecto y aquí están los frutos de este trabajo en conjunto.*

***Erik Adrián Guayacondo Carchi***



## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a Dios por bendecirme con la vida, saber guiarme a lo largo de esta etapa de y ser el refugio en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.*

*Gracias a mis padres: Wagner e Inés; por ser los principales promotores de hacer cumplir mis sueños, por confiar y creer, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.*

*Agradecer de igual manera a todos los docentes de la Universidad Politécnica Salesiana, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de esta hermosa profesión, de manera especial, al Ingeniero Cristian Leonardo García García tutor de nuestro proyecto de investigación quien ha sabido guiar con su paciencia, rectitud y carisma como docente y sobre todo como persona.*

***Wagner Daniel Ramírez Cabrera***

## RESUMEN

La indagación realizada en este proyecto técnico está enfatizada en el análisis de una flota de maquinaria pesada. Para poder cumplir los objetivos se formuló varias actividades, las mismas que se desarrollarán en este proyecto, de esta manera se expone en el siguiente extracto:

La Fase 1 del proyecto, en donde se realiza la investigación bibliográfica del estado del arte referente al análisis del Costo de Ciclo de Vida y Software enfocados al mantenimiento de flotas de transporte, tales como, CIF, Cloud Fleet, VEC Fleet, SoftDoit y de manera principal el software AGE/CON

Se inicia la Fase 2 con la segregación de maquinaria pesada donde se tomó una flota de 42 equipos, mediante el uso de diagramas de Pareto se determinó que el equipo con más incidencia en dicha flota son las motoniveladoras con un número de 7 equipos de mencionada clase, la cual genera altos costos de operación y mantenimiento.

Finalmente, en la Fase 3, se desarrolló un software que permite el cálculo del Costo Anual Equivalente (CAE), el cual nos indica el costo anual de conservar, operar y proteger un equipo durante su vida útil de funcionamiento antes que este llegue a un punto en donde deba ser reemplazado.

***Palabras Claves:*** Costo de mantenimiento, ciclo de vida, mantenimiento.

## ABSTRACT

The research carried out in this technical project is emphasized in the analysis of a fleet of heavy machinery. In order to meet the objectives, several activities were formulated, the same ones that will be developed in this project, in this way it is exposed in the following extract:

Phase 1 of the project, where the bibliographic research of the state of the art is carried out regarding the analysis of the Life Cycle Cost and Software focused on the maintenance of transport fleets, such as CIF, Cloud Fleet, VEC Fleet, SoftDoit and mainly the AGE/CON software

Phase 2 begins with the segregation of heavy machinery where a fleet of 42 equipment was taken, through the use of Pareto diagrams it was determined that the equipment with the most incidence in said fleet are the motor graders with a number of 7 equipment of said class, which generates high operating and maintenance costs.

Finally, in Phase 3, a software was developed that allows the calculation of the Equivalent Annual Cost (CAE), which indicates the annual cost of preserving, operating and protecting an equipment during its useful life of operation before it reaches a point where it must be replaced.

***Keywords:*** *Maintenance cost, life cycle, maintenance.*

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	V
DEDICATORIA .....	VI
AGRADECIMIENTO .....	VIII
AGRADECIMIENTO .....	IX
RESUMEN .....	X
ABSTRACT.....	XI
ÍNDICE GENERAL .....	1
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	3
ÍNDICE DE TABLAS .....	4
INTRODUCCIÓN .....	5
PROBLEMA.....	6
Antecedentes .....	6
Importancia y Alcances.....	6
Delimitación.....	6
OBJETIVOS .....	7
Objetivo General .....	7
Objetivos Específicos.....	7
Capítulo I: Fundamentos Teóricos y Estado del Arte.....	8
Introducción al Control Analítico de Costes .....	8
Concepto de Coste, Gasto, Pago e Inversión .....	9
Cálculos del Coste de Ciclo de Vida.....	11
Objetivos del Cálculo del LCC.....	12
Fases del Ciclo de Vida de un Equipo y LCC. ....	13
Concepto de LCC .....	15
Proceso del Cálculo del LCC.....	16
Modelo de Aplicación del LCC.....	18
Revisión de los Resultados del Cálculo del LCC. ....	19
Fórmulas de valor presente “PV” .....	20
Determinación de la tasa de interés apropiada .....	25
Costo anual neto “CAN” .....	25
Costo anual equivalente “EAC” .....	26
Herramienta Informática Para El Software AGE/CON .....	27
Módulos con los que cuenta el Software AGE/CON .....	27
Capítulo 2: Análisis de la Flota Vehicular.....	30

Estructura de la Empresa.....	30
Funciones de los Colaboradores de la Empresa .....	31
Seguridad Dentro de la Empresa.....	32
Códigos de Colores para Diferentes Zonas de Trabajo .....	32
Señalización y Rotulación. ....	33
Proceso de Mantenimiento.....	35
Identificación de la Flota Vehicular.....	36
Norma Técnica Ecuatoriana: NTE INEN 2656.....	39
Categorías.....	39
Ejemplos de Usos Para Vehículos de Categoría N y O.....	40
Segregación de la Flota Vehicular.....	43
Recopilación de la Información.....	44
Construcción y Análisis de los Diagramas de Pareto .....	45
Capítulo 3: Programa Para el Cálculo del CAE.....	49
Estructura del programa .....	49
Objetivos del programa .....	49
Componentes del Programa.....	50
Diagramas de Flujo del Manejo del Software .....	51
Diagramas de Flujo de Cálculo Lineal .....	52
Diagramas de Flujo de Cálculo Exponencial .....	53
Funcionamiento del Programa.....	55
Ingreso de Datos.....	55
Ingreso Mediante la Base de Datos.....	59
Ejemplos y Análisis.....	60
Conclusiones: .....	63
Recomendaciones: .....	65
Bibliografía .....	66

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Figura 1</b> Fases del Ciclo de Vida.....	14
<b>Figura 2</b> Estructura de la Empresa (Autores).....	30
<b>Figura 3.</b> <i>Códigos de Colores dentro del taller</i> .....	33
<b>Figura 4</b> Señalización y Rotulación en el Taller (Autores) .....	34
<b>Figura 5</b> Diagrama de Pareto de Mantenimiento en la Maquinaria (Autores).....	46
<b>Figura 6</b> Diagrama de Pareto Actividades Maquinaria Pesada ( Autores) .....	48
<b>Figura 7</b> Diagrama de Flujo de Equipo Nuevo. (Autores).....	51
<b>Figura 8</b> Diagrama de Flujo Aplicando Base de Datos. (Autores) .....	52
<b>Figura 9</b> Diagrama de Flujo Cálculo Reventa Lineal. (Autores).....	53
<b>Figura 10</b> Diagrama de Flujo Cálculo Reventa Lineal. (Autores) .....	54
<b>Figura 11</b> Nombre del Proyecto. (Autores) .....	55
<b>Figura 12</b> Años de Análisis. (Autores) .....	55
<b>Figura 13</b> Valor de Compra y Valor último de Depreciación. (Autores) .....	56
<b>Figura 14</b> Ingreso de Costos. (Autores).....	56
<b>Figura 15</b> Cálculo de Manera Exponencial. (Autores) .....	57
<b>Figura 16</b> Cálculo de Manera Lineal. (Autores) .....	58
<b>Figura 17</b> Análisis de Datos. (Autores) .....	58
<b>Figura 18</b> Selección de Maquinaria. (Autores).....	59
<b>Figura 19</b> Análisis Base de Datos. (Autores).....	59
<b>Figura 20</b> Ejemplo Motoniveladora 10. (Autores).....	60
<b>Figura 21</b> Ejemplo Motoniveladora 14. (Autores).....	61

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Control Analítico de Costes(Aceña Navarro, 2016).....	8
<b>Tabla 2</b> Comparativa de Software (Los autores) .....	29
<b>Tabla 3.</b> Proceso de mantenimiento que se realiza en la empresa (Autores) .....	35
<b>Tabla 4.</b> Inventario de maquinaria pesada (Autores) .....	37
<b>Tabla 5.</b> Categoría de los Vehículos. (Autores) .....	39
<b>Tabla 6</b> Vehículos de las Categorías N y O (Autores).....	40
<b>Tabla 7</b> Distribución de la maquinaria pesada por el tipo (Autores) .....	44
<b>Tabla 8</b> Costos de Mantenimiento por Tipos de Equipo (Autores) .....	45
<b>Tabla 9.</b> Actividades y porcentaje de fallos en maquinaria pesada (Autores) .....	46

## INTRODUCCIÓN

El proyecto propuesto sobre la “Metodología para la gestión de costes de mantenimiento mediante un estudio LCC aplicado a flotas de transporte” proporciona información acerca del cálculo matemático para el análisis a una flota de transporte de maquinaria pesada basado en el estudio del coste de ciclos de vida de los equipos para la gestión correcta de la flota. Además, con el historial de mantenimiento de la flota se obtiene una base de datos que servirá para realizar el análisis de cada equipo mediante el cual se podrá realizar la gestión de los mismos, en base al tipo de mantenimiento realizado y a la frecuencia de los mismos.

Se diseñará una herramienta informática en un software estadístico (Excel) el mismo que contará con las ecuaciones en base al LCC para el cálculo necesario, posteriormente con los resultados obtenidos se procede al análisis y recomendaciones que debe tomar la flota de transporte analizada.



## **PROBLEMA**

### **Antecedentes**

En todo proceso de gestión de mantenimiento se consideran tres aristas de gestión, el estudio de modelos RAMS (confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad); la confiabilidad humana y gestión de costos. En este sentido, existen muchas de las herramientas de gestión de costos que están adaptadas al contexto industrial y no se encuentran herramientas de gestión que se adapten al contexto operativo de las flotas de transporte en el medio local, por este motivo es necesario poder crear una herramienta informática que esté enfocada a dicho tema.

### **Importancia y Alcances**

El beneficio a la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana, en especial a los procesos de investigación dirigidos con la línea de Gestión de Mantenimiento del grupo de Investigación de Ingeniería del Transporte “GIIT”, con el aporte de una herramienta informática; para así obtener un análisis netamente enfocado a una flota de transporte específica, además de adquirir conocimiento acerca de un correcto análisis respecto a la gestión de costes enfocado al mantenimiento.

### **Delimitación**

Este proyecto contribuye al desarrollo y formación del área de Ingeniería de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana, debido a que si no existe una herramienta informática enfocada en la gestión de flotas de transporte; no se podrán desarrollar los análisis necesarios para estudios posteriores.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Desarrollar una metodología para la gestión de costes de mantenimiento mediante un estudio LCC aplicado a flotas de transporte.

### **Objetivos Específicos**

- Realizar una revisión bibliográfica de las diferentes herramientas y metodologías aplicadas a la gestión de costes en flotas de transporte.
- Recopilar información de los históricos del departamento de mantenimiento, identificando los costes asociados a la gestión de flotas de transporte.
- Desarrollar una herramienta informática que gestione la información relacionada a los costes del ciclo de vida de los activos de la flota.

## Capítulo I: Fundamentos Teóricos y Estado del Arte

### Introducción al Control Analítico de Costes

La contabilidad de costes es también conocida como contabilidad interna de la empresa. Se define como un conjunto de técnicas para determinar el desempeño de un operador de transporte. (Aceña, 2016a)

Esto se debe a la evolución del entorno comercial en el sector del transporte, que siempre es competitivo y cambiante a medida que se opera, lo que en última instancia ayudará a las empresas a mantenerse vivas y rentables, ayudándolas a:

- La toma de decisiones correctas que permitan a la empresa de transporte adaptarse continuamente a las condiciones cambiantes.
- Conocer el historial, de tal manera que permita observar las actividades de la empresa o de una porción de ella de forma que, se pueda tomar medidas correctivas en caso de ser necesario.

Los aspectos más importantes de la contabilidad de costes, son:

**Tabla 1** Control Analítico de Costes(Aceña Navarro, 2016)

<b>CONTROL ANALÍTICO DE COSTES</b>
Tiene un carácter interno, es decir, registra aquellos hechos que afectan internamente a la empresa.
Su óptimo desarrollo va a permitir a la empresa tomar decisiones acertadas en un futuro.
Profundizar en la cuenta de pérdidas y ganancias.

En la tabla 1, se indica los aspectos más importantes del control analítico de costes mencionando que los mismos son aquellos que afectan de manera directa a la empresa los cuáles

permiten un desarrollo correcto de la misma. Además, su objetivo principal es profundizar las pérdidas y ganancias que son las que van a influir en la toma de decisiones adecuadas, y poder evaluar los resultados obtenidos.

### **Concepto de Coste, Gasto, Pago e Inversión**

- **Coste:** Se define como una medida monetaria de un recurso destinada a lograr un objetivo específico de obtención de bienes y/o productos. Es decir, el costo se refiere al costo que se produce al producir un bien o prestar un servicio. (Alvarado Verdín, 2016)

Es inexistente un coste del producto, conocido como su valor absoluto y universal, por lo que los costes derivados en una empresa suelen determinarse en base a diferentes criterios:

- En función del tiempo:
  - Coste histórico: coste que ya incurrido en la empresa. Coste necesario para evaluar acciones pasadas.
  - Coste futuro: coste en el que va a influenciar la empresa. Coste necesario para tomar decisiones como su nombre lo indica en un futuro.
- En función de la unidad de referencia:
  - Coste directo: unidad de referencia, por tanto, que se puede repartir objetivamente entre los distintos productos y/o servicios.
  - Coste indirecto: un coste que no se puede equiparar con el propio servicio de transporte, por lo que para desglosarlo primero se deben establecer unos criterios de entrega. (Jiménez & Serna, 2019)
- En función de la variabilidad:

- Coste fijo: coste que no cambia con el nivel de movimiento de la empresa, es decir, permanece constante con independencia del volumen de la producción.(Álvarez & Puig, 2015).

Dentro de este grupo se diferencia:

- Salarios de conductores.
  - Seguros sociales a cargo de la empresa.
  - Impuestos fiscales sobre el vehículo.
  - Seguros sobre los vehículos.
  - Seguros sobre la carga
- Coste variable: coste que varía en función con el nivel de actividad de la empresa (kilómetros recorridos, horas facturadas, servicios realizados, etc.), de tal manera que, al variar la producción, aumenta o disminuye el nivel de costes.(Álvarez & Puig, 2015)

Dentro de este grupo, distinguimos:

- Coste de combustible.
- Neumáticos.
- Lubricantes.
- Coste de mantenimiento y reparaciones.
- Peajes en autopistas.
- Alimentación del conductor.

**Gasto:** proceso de compra de bienes y/o servicios en función de las operaciones de la empresa. Caso contrario, se puede considerar como un flujo negativo en las cuentas de explotación

y/o producción, es decir, corresponde a una salida de caja o a un aumento del endeudamiento de la empresa. (Alvarado, 2016)

Los gastos que pueden afectar a la empresa pueden estar relacionados con el momento en que se incurren, conocidos como costos corrientes, o afectar una serie de períodos conocidos como costos de amortización.

**Pago:** el retiro físico (dinero) de los fondos de la tesorería de la empresa, es decir, el cumplimiento de una obligación o deuda mediante el suministro de una cierta cantidad de dinero u otro producto. (Prieto et al., 2006)

Es importante mencionar que el pago no se genera siempre por un gasto, también puede generarse por otras transacciones económicas.

**Inversión:** es un gasto a largo plazo y es una parte del coste que no se utiliza en el ejercicio y sigue siendo utilizado por la empresa para los años siguientes (viviendas, instalaciones, transporte, etc.). (Vidal Holguín, 2010)

Se distingue:

- **Inversión neta:** gasto destinado a incrementar equipo que me ayude al desarrollo de la actividad.
- **Inversión bruta:** hace referencia a la inversión neta sumada las liquidaciones usadas para reponer el capital utilizado durante el tiempo transcurrido.

### **Cálculos del Coste de Ciclo de Vida**

Los cálculos aplicados para hallar el coste de ciclo de vida de un equipo es un conjunto de pasos que conlleva varias etapas desde la recolección de datos del mantenimiento de los equipos a

analizar hasta el análisis de los mismos y posterior estimación del coste de ciclo de vida con los datos recolectados.

### ***Objetivos del Cálculo del LCC.***

El cálculo de los costes de ciclos de vida es una serie de pasos de indagación económica que se usa para hallar el coste total de adquisición, propiedad y eliminación de un producto. Esta metodología puede aplicarse ya sea de manera completa a un producto o por partes o una combinación de diferentes fases del ciclo de vida. (AEN/CTN 200, 2009)

El objetivo primordial del cálculo de costes de ciclos de vida es generar los parámetros necesarios para la toma de decisiones en alguna de las fases de la vida útil de un producto.

Es importante que en la elaboración de modelos de LCC reconocer los costes que generan tener un mayor impacto en el LCC o que pueden ser de más interés para ciertas aplicaciones determinadas, tomando en cuenta que los costes tienen una leve incidencia en el LCC.

Las decisiones más comunes en las que un proceso LCC brinda una participación, incluyen, por ejemplo:

- Valoración de la viabilidad económica de los proyectos y/o productos.
- Comparación y evaluación de estrategias alternativas para el uso, operación, inspección y mantenimiento de un bien.
- Validación de los parámetros que garantizan el producto y sus compromisos mediante procesos de veracidad.
- Designación de los diferentes parámetros útiles entre las diferentes actividades de desarrollo.

### ***Fases del Ciclo de Vida de un Equipo y LCC.***

Es importante dentro del concepto del cálculo de ciclos de vida entender el ciclo de vida de un producto y de las actividades a realizar durante estas fases, también es importante entender las relaciones de esas actividades para el funcionamiento, seguridad, fiabilidad, mantenibilidad y demás características de un producto que contribuyen al coste del ciclo de vida. (Fabrycky, 1997)

Existen 6 fases principales dentro del ciclo de vida, las cuales son:

- Concepción y definición
- Diseño y desarrollo
- Fabricación
- Instalación
- Operación y mantenimiento
- Eliminación

El coste final durante las fases indicadas anteriormente se divide en coste adquisición, coste de propiedad y coste de eliminación.

$$LCC = Coste_{de\ adquisición} + Coste_{de\ propiedad} + Coste_{de\ eliminación} \quad [1]$$

Donde:

$Coste_{de\ adquisición}$  = Costos asociados con la inversión para adquirir un equipo.

$Coste_{de\ propiedad}$  = Costos integrales al adquirir, instalar, ejecutar y mantener un equipo.

$Coste_{de\ eliminación}$  = Costo asociado al reciclado o eliminación final del equipo.

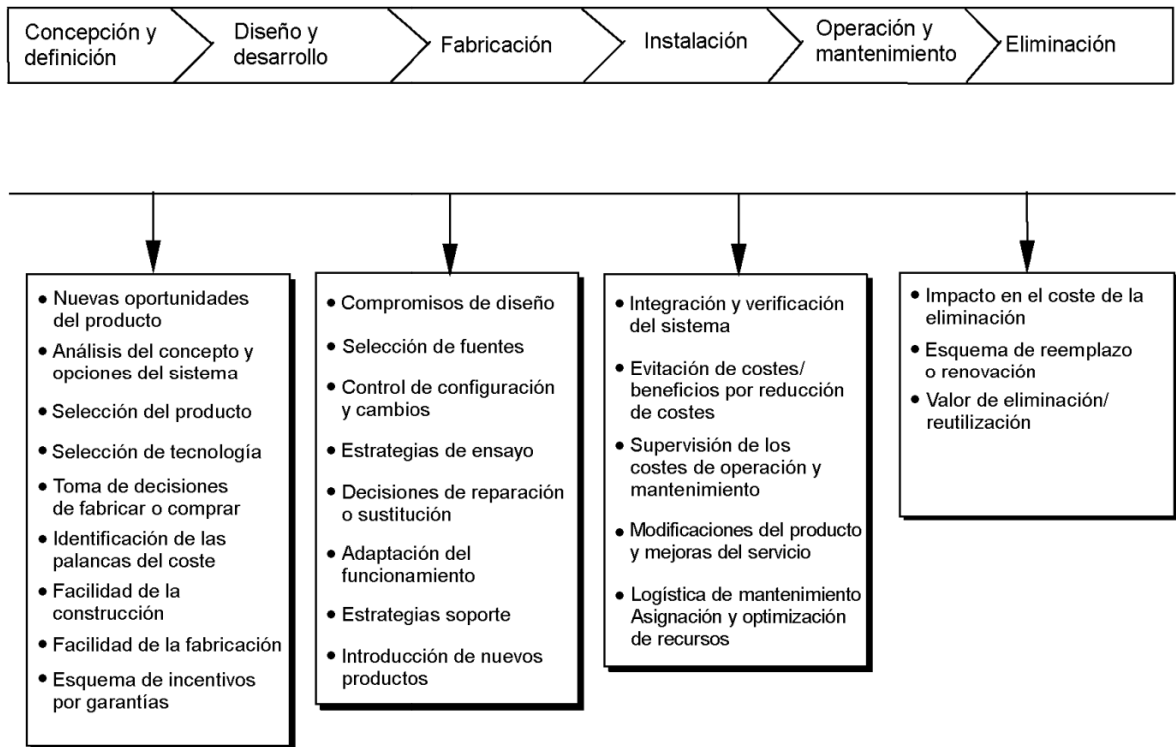


Los costes de adquisición son evidentes y se los puedo evaluar antes de que se llegue a tomar una decisión de adquisición de un producto y este puede contener o no el costo de instalación.

Los costes de propiedad son mayores en ciertas ocasiones a los costes de adquisición y no son muy notables, en ocasiones son complicados de pronosticar y pueden incluir costes relacionados con la instalación.

Los costes de eliminación representan una porción importante del costo total del LCC. En proyectos importantes la legislación puede requerir actividades que signifiquen un desembolso significativo.

**Figura 1** Fases del Ciclo de Vida



*Nota.* El gráfico representa las fases del ciclo de vida un equipo o producto desde su diseño o adquisición hasta la etapa final de su eliminación. Tomado de *Gestión de confiabilidad Cálculo del coste del ciclo de vida* (p.12), por AEN/CTN 200, 2009, AENOR.

En la figura 1, se especifica diferentes aspectos que se toman en cuenta durante las diferentes etapas del LCC de un equipo.

### ***Concepto de LCC***

#### **Generalidades**

Para un modelo de LCC se obtiene los parámetros con mayor influencia del producto y se los transforma en costes apreciados. Un modelo de costes de ciclo de vida para que sea apegado a la realidad debería:

- Englobar los parámetros del producto a estudiar tomando en cuenta el campo de desarrollo, el significado de mantenimiento, el lugar de aplicación y logística de mantenimiento.
- Deber abarcar los aspectos más importantes para el LCC.
- Debe ser de fácil entendimiento y un uso oportuno en la toma de decisiones y una posible actualización en un futuro.
- Su diseño debe permitir el análisis de elementos específicos del LCC y que sea independiente de otros recursos.

El modelo LCC es un proceso contable que cuenta con fundamentos matemáticas que sirven para el cálculo del coste referente a cada componente que conforma el LCC.

Cada modelo LCC tiene un alcance y aplicación diferente, el saber sobre sus contenidos y los parámetros en los cuales se basa es un aspecto fundamental para asegurar un uso adecuado del

mismo. Antes de escoger un modelo a aplicarse se debería identificar la cantidad de información que se va a necesitar y que resultados se espera para poder seleccionar un modelo que se adapte mejor a nuestros requerimientos. Antes de usar cualquier modelo LCC se debería validar los parámetros del modelo con datos recopilados para determinar el grado de alcance según se muestra resultados realistas.

La modelización del LCC incluye:

- Organización de desglose de costes.
- Organización del desglose del bien o actividad.
- Determinación de categorías de coste.
- Determinación de elementos de coste.
- Evaluación de costes.
- Muestra de resultados.

El desglose del coste presenta todos los costes que se incluyen la en la etapa inicial del ciclo de vida de un activo. Los compendios, factores y demás aspectos tienen coincidencias importantes en un escenario donde el estudio abarca varias etapas lo cual brinda una mejoría para mantener la organización del bien o servicio inmutable para un análisis particular.

### ***Proceso del Cálculo del LCC.***

**Generalidades.** Para el cálculo del LCC se debe identificar y evaluar los costes referidos con la compra, mantenimiento y reemplazo de un activo durante su etapa de vida. Con el fin de generar resultados que permita usar de forma útil y correcta ante cualquier análisis de costes de ciclo de vida de una forma estructurada y bien documentada según la:

- Planificación del cálculo del LCC.
- Designación del modelo de LCC.
- Utilización del modelo de LCC.
- Registro del cálculo del LCC.
- Análisis de los resultados del cálculo del LCC.
- Actualización de los resultados.

Los cálculos del coste de ciclo de vida es una actividad multidisciplinar, en donde, el analista debe estar relacionado con los principios básicos del coste del ciclo de vida, debido a que en base al alcance del análisis realizado será importante obtener aportes a los costes de personas que estén involucradas con todas las fases del ciclo de vida del producto. (Jardine & Tsang, 2013)

**Planificación del Cálculo del LCC.** Para el desarrollo del cálculo LCC, se deberá desarrollar una planificación donde se identifica la importancia del estudio, tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- a) Determinar los objetivos del estudio en función de los resultados que se desea y las decisiones que se toman para argumentar dicho estudio.
  - Definición del LCC para un activo para colaborar a planear, contratar y estimar recursos económicos.
  - Estimación de la influencia en las distintas vías de acción en el LCC del activo.

- Reconocimiento de los productos de coste con mayor incidencia en el LCC del activo para centrar los recursos de delineación, avance, compra o elementos secundarios.
- b) Determinar la importancia del estudio del activo bajo un análisis, las fases del ciclo de vida, el ambiente en el que se desarrolla y la ayuda de mantenimiento a usar.
  - c) Reconocer los parámetros de funcionamiento o requisito de disponibilidad que pueda limitar la amplitud de opciones viables a evaluar.
  - d) Reconocer las distintas vías de acción a analizar. Las opciones propuestas puede variar por el surgimiento de nuevas propuestas o por sugerencias que no cumplan con los parámetros del planteamiento.
  - e) Estimar los recursos que se van a necesitar para confirmar que los resultados van a estar listos cuando se requiera para colaborar con el proceso de toma de decisiones.

**Desarrollo o Selección del Modelo de LCC.** Se debe desarrollar modelos LCC lo necesariamente definidos como para satisfacer con los objetivos del estudio considerando la disposición de datos y los siguientes aspectos:

- Grado de selectividad para elegir entre diferentes alternativas.
- Grado de sensibilidad para tener una correlación casi perfecta de los resultados.
- Tiempo disponible para desarrollar e informar de los resultados del cálculo del LCC.

***Modelo de Aplicación del LCC.***

Para el cálculo del LCC debería tomar en cuenta estos aspectos:

- Obtener los datos necesarios de los parámetros básicos del modelo LCC para los diferentes tipos de productos, subsistemas y combinación de opciones que se tiene como ayuda.
- Desarrollar el estudio de LCC de los diversos entornos operativos del activo descritos en el plan de análisis.
- Desarrollar reportes del estudio con el fin de reconocer los mejores entornos posibles.
- Analizar los datos iniciales y resultados del LCC para definir los aspectos de coste que presentan una mayor influencia en el análisis.
- Clasificar y abreviar las salidas del modelo LCC en base a los parámetros lógicos, como, costes fijos o variables, costes recurrentes o no recurrentes, costes de adquisición, propiedad o eliminación, costes directos o indirectos, que pueden ser relevantes para los usuarios.
- Inspeccionar las salidas del LCC y cotejar con los objetivos planteados en el plan de estudio para corroborar que se ha conseguido a cabalidad y se ha generado los suficientes resultados para solventar la resolución a tomar.

### ***Revisión de los Resultados del Cálculo del LCC.***

En algunas ocasiones puede ser necesario que se efectuó una revisión más formal con el fin de confirmar que los resultados son correctos y completos, se debe considerar lo siguiente:

- Revisión de los objetivos y alcance del análisis para asegurarnos están perfectamente establecidos e interpretados.
- Revisar el modelo para asegurarnos que se acople al objetivo del estudio.

- Revisar la metodología usada para corroborar que los datos iniciales estén definidos correctamente y que el prototipo se ha aplicado de forma adecuada. Para conseguir los resultados anhelados conforme a los objetivos del análisis.

### ***Fórmulas de valor presente “PV”***

Para introducir el criterio *PV* que según Ross, Westerfield y Jordan menciona que el valor presente “es el valor actual de los futuros flujos de efectivo descontados a la tasa de descuento apropiado” (Ross et al., 2012), se debe considerar lo siguiente si una suma de dinero específica se deposita en un banco donde la tasa de interés compuesta de dicho depósito es del 10% por año, luego de 1 año en la cuenta existirá el valor del capital más el 10% de ese dicho valor. Básicamente se entiende que si se invierte  $\$L$  y el interés relevante de la tasa de interés es  $i\%$  anual después de  $n$  años la suma  $S$  resultante de la inversión inicial es:

$$S = \$L \left(1 + \frac{i}{100}\right)^n \quad [2]$$

Donde:

$S$ = Suma de la inversión inicial

$\$L$ = Inversión inicial

$i$ = Tasa de interés relevante

$n$ = Número de años

Así, si  $L = 1000$ ,  $i = 10\%$  y  $n = 2$  años,

El valor actual de una suma de dinero que se gastará o recibirá en el futuro se obtiene al realizar el cálculo inverso, es decir, si se van a gastar o recibir  $\$S$  en un periodo  $n$  años en el futuro, e  $i\%$  es la tasa de interés relevante, entonces el  $PV$  de  $\$S$  es:

$$PV = \$S \left( \frac{1}{1+i/100} \right)^n \quad [3]$$

Donde:

$PV$ = Valor presente

$\$S$ = Suma de la inversión inicial

$i$ = Tasa de interés relevante

$n$ = Número de años

Donde  $\left( \frac{1}{1+i/100} \right) = r$  se denomina factor de descuento.

Para este caso se ha supuesto que la tasa de interés se paga una vez al año. Pero también existe la posibilidad de que la tasa de interés pueda pagarse semanal, mensual, trimestral, semestral, etc., cuando se tiene este caso es el caso, las ecuaciones (2) y (3) se modifican como sigue:

Si la tasa de interés nominal es  $i\%$  anual, pagadera  $m$  veces al año, entonces en  $n$  años el valor  $\$S$  de una inversión inicial de  $\$L$  es:

$$S = \$L \left( 1 + \frac{i/100}{m} \right)^{nm} \quad [4]$$

Donde:

$S$ = Suma de la inversión inicial



$\$L$ = Inversión inicial

$i$ = Tasa de interés relevante

$n$ = Número de años

$m$ = Número de veces al año

Por lo tanto, el  $PV$  de  $\$S$  que se gastará o recibirá en  $n$  años en el futuro es:

$$PV = \$S \left( \frac{1}{1 + \frac{i/100}{m}} \right)^{nm} \quad [5]$$

Donde:

$PV$ = Valor presente

$\$S$ = Suma de la inversión inicial

$\$L$ = Inversión inicial

$i$ = Tasa de interés relevante

$n$ = Número de años

$m$ = Número de veces al año

En la práctica, cuando se tiene problemas de reemplazo de bienes de capital se opta mejor por suponer que las tasas de interés se pagan una vez al año. En ocasiones se utiliza el descuento continuo por sus ventajas matemáticas, beneficio o porque se supone que refleja los flujos de efectivo con mayor precisión. También se puede llegar a suponer que la tasa de interés  $i$  se da como un decimal, y no en términos porcentuales, por lo que, la ecuación (3) se escriben entonces como:

$$PV = \$S \left( \frac{1}{1+i} \right)^n \quad [6]$$

Donde:

$\$S$ = Suma de la inversión inicial

$i$ = Tasa de interés relevante

$n$ = Número de años

En el caso de existir una serie de pagos  $S_0, S_1, S_2, \dots, S_n$ , se realizarán anualmente durante un período de  $n$  años, entonces el  $PV$  de dicha serie es:

$$PV = S_0 + S_1 \left( \frac{1}{1+i} \right)^1 + S_2 \left( \frac{1}{1+i} \right)^2 + \dots + S_n \left( \frac{1}{1+i} \right)^n \quad [7]$$

Donde:

$PV$ = Valor presente

$S_n$ = Suma de la inversión inicial anual

$i$ = Tasa de interés relevante

$n$ = Número de años

Si los pagos  $S_j$ , donde  $j = 0, 1, \dots, n$ , son iguales, la serie de pagos se denomina una anualidad y la ecuación (7) se convierte en:

$$PV = S + S \left( \frac{1}{1+i} \right)^1 + S \left( \frac{1}{1+i} \right)^2 + \dots + S \left( \frac{1}{1+i} \right)^n \quad [8]$$

Donde:

$PV$ = Valor presente

$S$ = Suma de la inversión inicial

$i$ = Tasa de interés relevante

$n$ = Número de años

que es una progresión geométrica, y la suma de  $n + 1$  términos de una progresión geométrica dan:

$$PV = S \left[ \frac{1 - \left(\frac{1}{1+i}\right)^{n+1}}{1 - \left(\frac{1}{1+i}\right)} \right] = S \left( \frac{1 - r^{n+1}}{1 - r} \right) \quad [9]$$

Donde:

$PV$ = Valor presente

$S$ = Suma de la inversión inicial

$i$ = Tasa de interés relevante

$n$ = Número de años

$r$ = Factor de descuento

Y si se tiene que la serie de pagos de la ecuación (8) continúa sobre un infinito período de tiempo, es decir,  $n \rightarrow \infty$ , entonces de la suma a infinito de una progresión geométrica, se obtiene:

$$PV = \frac{S}{1-r} \quad [10]$$

Donde:

$PV$ = Valor presente

$S$ = Suma de la inversión inicial

$n$ = Número de años

### ***Determinación de la tasa de interés apropiada***

En la práctica, es necesario conocer el valor de la tasa de interés  $i$  involucrado y utilizado en el cálculo de  $PV$ . A menudo hay dificultades cuando se trata de determinar este valor. Si se pide prestado dinero para financiar una inversión, el valor  $i$  que se utiliza en el cálculo es la tasa de interés pagado por el dinero prestado. Si la inversión se financia con el fondo interno de la empresa, se vincula  $i$  a los intereses devengados por la inversión en la empresa. La tasa de interés relevante en la toma de acciones de una empresa es un parámetro importante y de gran índole entre los académicos y profesionales de las finanzas. Para el  $PV$  se puede especificar un valor apropiado de  $i$ . Las dificultades vinculadas con la incertidumbre en  $i$  por lo general se pueden reducir mediante el uso del análisis de sensibilidad. (Jardine & Tsang, 2013)

### ***Costo anual neto “CAN”***

El costo anual neto se define como la sumatoria de los costos anuales de acuerdo a los datos del año presente que interfieren en el ciclo de vida de un activo.

$$CAN = A + \sum_{t=1}^t C_{O\&M} * r^t - R * r^t \quad [11]$$

Donde:

$A$ = Costo de adquisición

$C_{O\&M}$ = Costo de operación y mantenimiento

$r$ = Tasa de interés de retorno

$t$ = periodo en años

$R$ =Valor de reventa

### **Costo anual equivalente “EAC”**

Al realizar el cálculo de los *PV* relacionados con un flujo de efectivo asociado con la compra, la operación, el mantenimiento y la disposición de un activo existen picos y valles en los flujos de efectivo que en realidad no serán iguales cada año. En el cálculo del *PV* se reúne todos estos flujos de efectivo futuros en un solo número. Para la toma de decisiones de gestión, este valor del *PV* resulta más significativo presentar en términos de su *EAC*, debido a que se puede considerar como el valor de la anualidad, es decir, la *EAC* minimiza los máximos y mínimos de los diversos flujos de efectivo y los convierte en un flujo de efectivo igual equivalente para cada año; esto a su vez se podrá considerarlo como la cantidad de fondos que existe en una organización y que se debe tomar en cuenta en su presupuesto anual para financiar la compra, operación, mantenimiento y disposición de un activo de acuerdo con una política específica de reemplazo de activos. Para transformar el *PV* en su *EAC*, el *PV* se multiplica por el factor de recuperación de capital (*CRF*):

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad [12]$$

Donde:

*CRF*= Factor de recuperación de capital

*i*= Tasa de interés relevante

*n*= Número de años

Donde *i* es la tasa de interés apropiada para el descuento y *n* es el periodo de años dentro del cual se realiza el descuento.

En la práctica las empresas analizan las alternativas teniendo en cuenta el valor del dinero en el tiempo, para el cálculo del valor presente se analizan diversas alternativas proporcionando

un valor asociado con cada una de ellas, de esta manera el EAC se podría calcular de la siguiente manera:

$$EAC = CAN \times CRF \quad [13]$$

Donde:

CAE= Costo anual neto

CRF= Factor de recuperación del capital

### **Herramienta Informática Para El Software AGE/CON**

El software AGE/CON está diseñado para una aplicación fácil y precisa de análisis estadístico para optimizar las decisiones de mantenimiento y reemplazo de equipos móviles; una ventaja de AGE/CON es que el usuario solo necesita ingresar los datos necesarios para que el software realice los cálculos. Los siguientes términos deben entenderse para reconocer las indicaciones que aparecerán al usar el programa e interpretar los resultados.

#### ***Módulos con los que cuenta el Software AGE/CON***

El software antes mencionado cuenta con varios parámetros que nos proporciona un mejor análisis de la flota de transporte que se desea analizar.

Entre dichos parámetros se puede mencionar:

- Utilización (Utilization)
- Inflación (Inflation)
- Tasa de descuento (Discounting rate)
- Impuestos (Taxes)

Con los parámetros determinados por el usuario, se pueden ingresar valores para los costos anuales de utilizar un vehículo y valores anticipados para prescindir de un vehículo. Estas entradas se realizan desde la pantalla principal.

- Costos de operación y mantenimiento (Operations and maintenance costs)
- Valor de reventa o tasa de reventa (Resale value or Resale rate)

Con todos los valores relevantes ingresados, la pantalla principal mostrará lo siguiente:

- EAC (costo anual equivalente) (EAC (equivalent annual cost))
- Mejor año (Best year)

En la revisión previa realizada no existe un software que esté enfocado directamente a la gestión de costes de mantenimiento en flotas de transporte por lo que en la Tabla 2 se presenta una comparativa de los diferentes softwares para la gestión y control de flotas de transporte existentes en el medio con una breve descripción y los módulos hacia los que están enfocados.

**Tabla 2** Comparativa de Software (Los autores)

Herramienta	Descripción	Módulos
<b>CIF Software</b>	Software que permite registrar peticiones de disponibilidad de tal manera asignar funciones específicas a cada una de sus flotas dicho programa se encargará de reconocer los detalles del servicio como: datos, precios, gastos, mantenimiento, etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de tráfico.</li> <li>• Control de cargas.</li> <li>• Mantenimiento.</li> <li>• Gastos externos.</li> </ul>
<b>Cloud Fleet</b>	Encargado de almacenar gran cantidad de información sobre los procesos a realizar dentro de la flota de transporte, además realiza informes de costos de los diversos indicadores existentes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planes de mantenimiento.</li> <li>• Planes de trabajo.</li> <li>• Control de rutas.</li> <li>• Combustible.</li> <li>• Control vehicular.</li> <li>• Tiempos de mantenimiento.</li> </ul>
<b>VEC Fleet</b>	Enfocado en la administración de la flota vehicular y el control de gastos que se dan en la vida útil de cada vehículo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de rutas.</li> <li>• Control de neumáticos.</li> <li>• Planes de mantenimiento preventivo y correctivo.</li> <li>• Rastreo de negocio.</li> <li>• Rastreo de infracciones.</li> </ul>
<b>SoftDoit</b>	Su principal función es la gestión de la organización y control de los vehículos que constituyen la flota vehicular, con una base de datos de toda la información de la flota para saber los vehículos existentes y lograr planificar el trabajo según la disponibilidad de cada uno de ellos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de kilometraje.</li> <li>• Consumo de combustible.</li> <li>• Control de conductor.</li> <li>• Gestión de vehículos.</li> </ul>



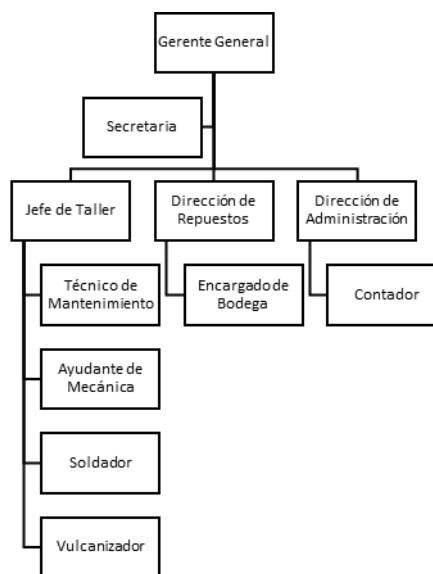
## Capítulo 2: Análisis de la Flota Vehicular.

En el capítulo descrito a continuación se presenta la disposición de la flota de vehículos de maquinaria pesada de la empresa, el estado actual y las fallas de los mismos y la frecuencia con las que se repite dichos fallos que nos da la oportunidad de conseguir la criticidad en cada sistema del vehículo de tal manera, poder determinar mediante la aplicación de un diagrama de Pareto cuales son las tareas de mantenimiento que requieren una mayor atención con el fin de evitar un daño más grande en el equipo. La empresa destina sus labores a trabajos civiles dentro de la provincia del Azuay por lo que sus equipos de maquinaria pesada están en frecuente uso por lo que para el análisis de los mismos se toma en cuenta los historiales de mantenimiento.

### Estructura de la Empresa

Dentro de la empresa existe una estructura organizacional dentro de la cual el área de talleres que se encarga de realizar el mantenimiento y afirmar el buen funcionamiento de todos los equipos de maquinaria pesada de la empresa. En la Figura 2 se indica cómo se encuentra estructurada la empresa.

*Figura 2 Estructura de la Empresa (Autores)*



### *Funciones de los Colaboradores de la Empresa*

- **Gerente General:** se encarga de ordenar, vigilar y administrar los recursos y actividades dentro del taller de manera que todos los demás departamentos funcionen correctamente.
- **Secretaria:** persona encargada de brindar apoyo administrativo al gerente general en sus diferentes actividades
- **Jefe de taller:** persona encargada de supervisar, designar y llevar una inspección de las labores de mantenimiento en los equipos de maquinaria pesada de la empresa, además supervisa el personal de mantenimiento.
- **Técnico de mantenimiento:** desarrolla las actividades de mantenimiento y es el encargado de realizar el reporte acerca del estado de los equipos de maquinaria pesada y las actividades que se realicen en los mismos.
- **Ayudante de mecánica:** brinda apoyo en las actividades de mantenimiento de la flota vehicular.
- **Soldador:** realiza trabajos de soldadura dentro de los vehículos de la flota de maquinaria pesada.
- **Vulcanizador:** realiza actividades referentes a la vulcanización de los componentes de la flota vehicular de la empresa.
- **Dirección de repuestos:** encargado de suministrar al área de mantenimiento de los repuestos necesarios y demás objetos para el mantenimiento de la flota vehicular.
- **Encargado de bodega:** encargado de llevar un inventario del stock de repuestos.

- **Dirección de administración:** persona encargada de garantizar que toda la planificación previa se realice de la mejor manera posible.
- **Contador:** encargado de realizar los informes financieros de la empresa y mantener un orden sobre los libros contables y sobre los estados de cuenta de la empresa.

### **Seguridad Dentro de la Empresa**

La seguridad y salud en el trabajo es un aspecto de vital importancia que abarca la prevención de riesgos laborales que se puedan ocasionar debido a las actividades realizadas dentro de la empresa, el objetivo principal de las normas de seguridad es mantener siempre un alto índice de seguridad y salud en el trabajo.






La principal característica de la seguridad en la empresa es la extensión de su alcance, no solo la prevención de riesgos y lesiones físicas, sino también el bienestar psíquico de los colaboradores tomando en consideración factores como la prevención del estrés, la satisfacción personal del trabajador dentro de la empresa y sobre todo la responsabilidad por parte de las organizaciones de dar respuesta a las diversas penurias de sus empleados, es decir, satisfacer sus necesidades tanto económicas como personales tales como el hecho de sentirse valorado por la empresa como colaborador de la misma.

### ***Códigos de Colores para Diferentes Zonas de Trabajo***

El uso del código de colores para diferenciar las zonas de trabajo tiene como principal finalidad atraer la atención sobre lugares, objetos o distintas situaciones en los diferentes procesos ya sean de mantenimiento o actividades de la empresa para evitar cualquier tipo de accidente u riesgo que afecte a los colaboradores de la empresa.

En la figura 3 se indica los colores y las zonas donde serán usados los mismos según la clase de actividad que se desarrolla en la empresa.

*Figura 3. Códigos de Colores dentro del taller*

COLOR		ZONA DE UTILIZACIÓN
Amarillo		Pasillos , carriles de tránsito y celdas de trabajo
Blanco		Estaciones de trabajo, carros anuncios de piso, estantes, etc.
Rojo y blanco		Áreas en frente de paneles eléctricos, equipos contra incendios, regaderas de emergencias y estaciones de primeros auxilios.
Negro y blanco		Áreas que deben mantener libres por propósitos de operaciones.
Negro y amarillo		Áreas que podrían exponer a los trabajadores a riesgos físicos o para la salud.

*Nota.* Código de colores a utilizar en un taller automotriz para delimitar las áreas de trabajo. Tomado de *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la gestión de activos físicos en la flota vehicular del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Sígsig* (p.104), por Gonzales W. y Pillacela D., 2019

### **Señalización y Rotulación.**

La señalización y rotulación es aquella información que nos brinda la empresa para indicar la ubicación, la acción a seguir en caso de que exista alguna emergencia para permanecer en un sitio seguro y que tanto los colaboradores como personas externas no sufran ningún tipo de lesión.

En la figura 4 se presenta el símbolo con su nombre y el significado del mismo los cuales indican los riesgos, prohibiciones, obligaciones a las que están expuestos los colaboradores y las señales relativas contra incendios.

Figura 4 Señalización y Rotulación en el Taller (Autores)

SEÑAL	SIMBOLO	SIGNIFICADO
<b>SEÑALES DE RIESGO</b>		
Materiales inflamables		Usados en lugares que existen presencia de disolvente, pintura y combustible
Riesgo eléctrico		Uso de cajetines y armarios de conexiones eléctricas.
Riesgo de caída al mismo nivel		Usado para mencionar que existe objetos en el suelo difíciles de obviar.
<b>SEÑALES DE PROHIBICIÓN</b>		
Prohibición de fumar		Espacios libres de humo debido a que existen materiales inflamables.
No tocar		Evita el riesgo de accidentes.
Prohibido el paso a personal no autorizado		Paso de personas autorizadas.
Prohibido correr		No correr en las instalaciones.
<b>SEÑALES DE OBLIGACIÓN</b>		
Protección visual		Uso obligatorio de gafas, evitando salpicaduras de materiales
Protección auricular		Uso de orejeras en lugares donde se supere 85 dB
Protección de pies		Uso de calzado industrial en lugares de riesgo de caída de objetos pesados.

Protección de las manos		Uso de guantes en lugares de trabajo donde exista riesgo de lesiones.
Uso de ropa protectora		Uso correcto del EPP.
<b>SEÑALES RELATIVAS CONTRA INCENDIOS</b>		
Mangueras de incendios		Herramienta usada en caso de incendio.
Extintor		Uso en caso de existir algún tipo o inicio de incendio.

### Proceso de Mantenimiento.

En la actualidad la empresa cuenta con un proceso de mantenimiento que se podría decir que es regularmente efectivo, este mantenimiento no se basa en algún método específico, de manera que en la tabla 3 se puede apreciar el proceso de mantenimiento actual empleado para resolver fallos que se generan en los equipos realizado por los colaboradores de la misma.

*Tabla 3. Proceso de mantenimiento que se realiza en la empresa (Autores)*

Nº	Procedimiento
1	El operario de la maquina detecta un fallo en el equipo.
2	Se comunica sobre el fallo detectado al técnico de talleres.
3	El técnico de talleres asigna un mecánico para realizar una inspección al equipo.
4	El mecánico se dirige hacia el lugar donde se encuentra el equipo y se realiza la respectiva inspección del equipo

5	El mecánico realiza un informe acerca del diagnóstico del equipo al técnico de talleres, el cual determina si es posible realizar el mantenimiento dentro del taller de la empresa o se tiene que derivar a una empresa externa a que lo repare.
6	En caso, de que se pueda realizar la reparación dentro del taller se realiza la solicitud de paralización del equipo y se analiza si es posible realizar la reparación en el lugar actual del equipo
7	Si es posible realizar la reparación en el lugar, el técnico de talleres autoriza la reparación del equipo, caso contrario se traslada el equipo a las instalaciones del taller.
8	Después del traslado del equipo a las instalaciones se procede con el desmontaje de la pieza averiada.
9	El mecánico determina si es necesario cambiar alguna pieza para solucionar el fallo.
10	El técnico de talleres consulta si hay stock disponible la pieza dañada en la bodega.
11	Si no hay stock del repuesto el técnico de talleres informa al directos de talleres para que realice la compra del mismo.
12	El director de talleres solicita la compra del repuesto al departamento financiero de la empresa.
13	El departamento financiero de la empresa realiza la cotización del repuesto con los proveedores sobre la disponibilidad del repuesto y solicita las proformas respectivas.
14	Con las proformas, se pregunta sobre el stock del repuesto para proceder con la compra o caso contrario buscar otra alternativa.
15	El departamento financiero entrega el repuesto al departamento de talleres
16	El mecánico realiza el cambio del repuesto y vuelve a montar las piezas y realiza las pruebas necesarias que garanticen el buen funcionamiento del equipo.

### **Identificación de la Flota Vehicular.**

La empresa con la que se va a trabajar para el desarrollo de este proyecto posee una amplia flota vehicular para efectuar las actividades laborales que ésta realiza durante su proceso de operación. Para el caso del presente proyecto se consideran para el análisis los equipos de maquinaria pesada los cuales brindan sus servicios y se encuentran en buenas condiciones para realizar actividades de mantenimiento. Estos equipos se describen en la tabla 4.

*Tabla 4. Inventario de maquinaria pesada (Autores)*

<b>MAQUINARIA PESADA</b>					
<b>Nº</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>Nº INSTITUCIONAL</b>	<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>	<b>AÑO</b>
1	Rodillo	14	INGERSOLL RAND	SD-100D B	1999
2	Rodillo	16	INGERSOLL RAND	SD-100D B	1999
3	Rodillo	19	BOMAG	BW-211 D-3	2004
4	Rodillo	22	BOMAG	BW-211 D-3	2004
5	Rodillo	28	BOMAG	BW-211 D-40	2012
6	Rodillo	29	HAMM	3520	2018
7	Rodillo	30	HAMM	3412	2018
8	Motoniveladora	9	JOHN DEERE	670-C	1999
9	Motoniveladora	10	JOHN DEERE	670-C	1999
10	Motoniveladora	13	MITSUBISHI	MG-430	1999
11	Motoniveladora	14	MITSUBISHI	MG-430	1999
12	Motoniveladora	15	MITSUBISHI	MG-430	1999
13	Motoniveladora	17	KOMATSU	GD-555- 11280	2011
14	Motoniveladora	20	KOMATSU	GD-555-3A	2011
15	Motoniveladora	21	KOMATSU	GD-675	2018
16	Retroexcavadora	2	JOHN DEERE	410-E	1999



17	Retroexcavadora	3	CATERPILLAR	446-B	1996
18	Retroexcavadora	5	KOMATSU	WB93R	2008
19	Retroexcavadora	6	KOMATSU	WB-146-5	2008
20	Cargadora	7	KOMATSU	W90-2	1980
21	Cargadora	8	KOMATSU	W90-2	1980
22	Cargadora	11	CATERPILLAR	950-F	1995
23	Cargadora	14	CATERPILLAR	950G-253	1999
24	Cargadora	15	CATERPILLAR	950G-253	1999
25	Cargadora	16	CATERPILLAR	950G-253	1999
26	Cargadora	17	KOMATSU	WA320-5	2008
27	Tractor	3	KOMATSU	D85A-12	1979
28	Tractor	14	CATERPILLAR	D7G	1979
29	Tractor	16	KOMATSU	D-155-A	1980
30	Tractor	20	KOMATSU	D85A-18	1980
31	Tractor	23	CATERPILLAR	D7H	1995
32	Tractor	25	CATERPILLAR	D7R	1999
33	Tractor	28	CATERPILLAR	D6R	1999
34	Tractor	29	KOMATSU	D65EC	2008
35	Excavadora	3	KOMATSU	PC-200 LC-8	2008
36	Excavadora	4	KOMATSU	PC-200 LC-8	2008

37	Excavadora	5	KOMATSU	PC-200 LC-8	2008
38	Excavadora	6	KOMATSU	PC-200 LC-8	2008
39	Excavadora	7	KOMATSU	PC-200 LC-8	2011
40	Montacargas	1	KOMATSU	FD30T-17	2011
41	Estabilizador de suelos	1	WIRTGEN	WR-240	2018
42	Minicargadora	1	BOBCAT	863	2002

### Norma Técnica Ecuatoriana: NTE INEN 2656

La normativa INEN 2656 instituye la clasificación de vehículos motorizados y no motorizados, que se clasifican en base a sus características generales de diseño y uso específico.

Esta normativa es aplicable para todos los vehículos diseñados para circular por vía terrestre incluidos los equipos de maquinaria agrícola y silvicultura, pero no incluye maquinaria industrial y mucho menos equipo caminero. (INEN, 2016)

#### *Categorías.*

En la tabla 5 se observa la codificación de los vehículos motorizados que circulan por vías terrestres determinados por categorías como L, M, N, O y S, establecidos en la Norma INEN 2656.

*Tabla 5. Categoría de los Vehículos. (Autores)*






<b>Categoría</b>	<b>Definición</b>
L	Vehículos motorizados con dos, tres o cuatro ruedas
M	Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de pasajeros.
N	Vehículos motorizados de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de mercancías.
O	Vehículos no motorizados diseñados para ser remolcados por un vehículo de motor







<b>S</b>	Vehículos que pertenecen a las categorías M, N u O destinados al transporte de pasajeros o mercancías que cumplen una función adicional y que presentan características especiales tanto en su carrocería o equipamiento
----------	--

***Ejemplos de Usos Para Vehículos de Categoría N y O.***



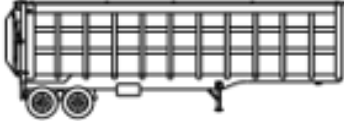
En la tabla 6 se presenta varios vehículos que pertenecen a las categorías N y O, estos vehículos están diseñados para realizar trabajos en obras civiles que desarrolla la empresa como por ejemplo el volquete, camión cisterna, camión tanquero y más vehículos que se presentan pertenecientes a la flota de transporte de la empresa, dando una breve descripción del mismo.

*Tabla 6 Vehículos de las Categorías N y O (Autores)*

<b>TIPO</b>	<b>IMAGEN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Camión Canastilla		Vehículo equipado en base a un sistema que permite elevar personas o equipos a diferentes alturas según la necesidad, con 2 o 3 ejes.
Camión con tándem direccional y tándem posterior		Vehículo de subcategoría N3 usado para el transporte de carga con 4 ejes o más.
Camión hormigonera		Vehículo de subcategoría N3 usado para mezclar, transportar y descargar hormigón.
Camión Volqueta- Volquete		Vehículo de subcategoría N3 para transportar material de construcción con 2 o más eje, consta de un sistema hidráulico.
Esparcidor de asfalto		Vehículo de subcategoría N3, transporta, calienta, esparce y extiende asfalto líquido sobre la vía. De 2 o 3 ejes.

Camión Tanquero- Cisterna		Vehículo de subcategoría N3 con carrocería cerrada, usado para el transporte de mercancías líquidas. De 2, 3 o más ejes.
Camión Bombona- Tolva		Vehículo de subcategoría N3, usado para el transporte de materiales de construcción. De 2, 3 o más ejes.
Cajón		Vehículo de subcategoría N2 o N3 usado para el transporte de carga o mercancía dotado de un chasis cabina de 2 o 3 ejes, al mismo que se puede montar una estructura de tipo cajón para transporte de carga.
Plataforma		Vehículo de subcategoría N2 o N3 para el transporte de carga dotado de un chasis cabina de 2 o 3 ejes, al mismo que se puede montar una estructura para transportar carga de tipo plataforma.
Cajón plataforma		Vehículo de subcategoría N2 o N3 usado para el transporte de carga y mercancías dotado de chasis cabina de 2, 3 o 4 ejes, al que se puede enganchar una estructura para transportar carga. No podrá superar 1,5m de altura además con 2, 3 o 4 ejes.
Furgón		Vehículo de subcategoría N2 o N3 usado para el transporte de carga y mercancías dotado de un chasis cabina de 2, 3 o 4 ejes.

Generador eléctrico		Vehículo de subcategoría N2 o N3 equipado con un sistema de generación de electricidad con 2, 3 o 4 ejes.
Perforadora		Vehículo de subcategoría N2 o N3 equipado con un taladro. Cuenta con 2 o 3 ejes. Su PBV sea superior a 12 000 kg.
Grúa móvil		Vehículo de subcategoría N3 dotado de una grúa cuyo momento elevador sea igual o superior a 400 kNm
Plataforma		Vehículo de subcategoría O3 u O4 equipado con estructura plana de uno o más niveles, su intención general, con configuración de remolque o semirremolque.
Cajón		Vehículo de subcategoría O3 u O4 equipado con estructura cerrada o semicerrada de madera o metal, configuración de remolque o semirremolque.
Furgón		Vehículo de subcategoría O3 u O4 equipado con estructura cerrada y techo fijo, intención general de remolque o semirremolque.
Tanquero-Cisterna		Vehículo de subcategoría O2, O3 u O4 equipado para el transporte de líquidos (no combustibles), con estructura cerrada, intención de remolque o semirremolque, las unidades de clase O2 y O3 pueden ser de eje basculante.

Volqueta-Volquete		<p>Vehículo de subcategoría O2, O3 u O4 equipado para el transporte de materiales, consta de un sistema neumático o hidráulico de descarga, con disposición de remolque o semirremolque.</p>
Cama baja		<p>Vehículo de subcategoría O4 equipado para el transporte de mercancías pesadas, maquinaria y equipos con disposición de semirremolque. La altura máxima de carga al piso no debe exceder de 1,1 m, y cuyo PBVC sea superior a los 10 000 kg.</p>
Bañera		<p>Vehículo de subcategoría O4 equipado para el transporte de basura o materiales con estructura cerrada, que consta de un sistema de descarga accionado hidráulicamente, con disposición de remolque o semirremolque, su PBVC sea superior a los 10 000 kg.</p>

### Segregación de la Flota Vehicular.

Para el cálculo de costes de ciclo de vida, se considera un número de 42 equipos los cuales están en buenas condiciones, estos están divididos según el tipo de maquinaria como se especifica a continuación en la Tabla 7. Siendo las motoniveladoras y tractores con un 19% y los rodillos y cargadoras con un 17% del número de unidades de la flota perteneciente a la empresa los mismos que generan más actividades y costos en la empresa.

*Tabla 7 Distribución de la maquinaria pesada por el tipo (Autores)*

<b>Equipo</b>	<b>Nº Unidades</b>	<b>Porcentaje</b>
Motoniveladora	8	19%
Tractor	8	19%
Rodillo	7	17%
Cargadora	7	17%
Excavadora	5	12%
Retroexcavadora	4	10%
Montacargas	1	2%
Estabilizador de suelos	1	2%
Minicargadora	1	2%
Total	42	100%

***Recopilación de la Información.***

La recopilación de información de los historiales de mantenimiento de la flota de transporte y los costos de mantenimiento se realizó mediante la exploración de los archivos físicos del área de talleres mediante las ordenes de trabajo, requerimientos de bodega y facturas, todos estos documentos fueron de gran de ayuda para generar una base de datos en un software informático.

Una vez organizada y generada la base de datos de cada equipo de maquinaria pesada se crea una base de datos general, en base, a la cual se planea determinar los fallos con mayor influencia dentro de la flota mediante un diagrama de Pareto.

### ***Construcción y Análisis de los Diagramas de Pareto***

Para determinar los trabajos de mantenimiento más incidentes presentes en la flota de transporte se utilizó un diagrama de Pareto, el mismo que admite asignar prioridades e identificar las cadencias en la estructura organizacional de la empresa. Implementando el principio de Pareto se eligen las actividades que acumulen un porcentaje del 80% que son considerados más relevantes.

Para el desarrollo de los diagramas de Pareto se realizó en base a la maquinaria existente, actividades de mantenimiento y los costos que estos representan.

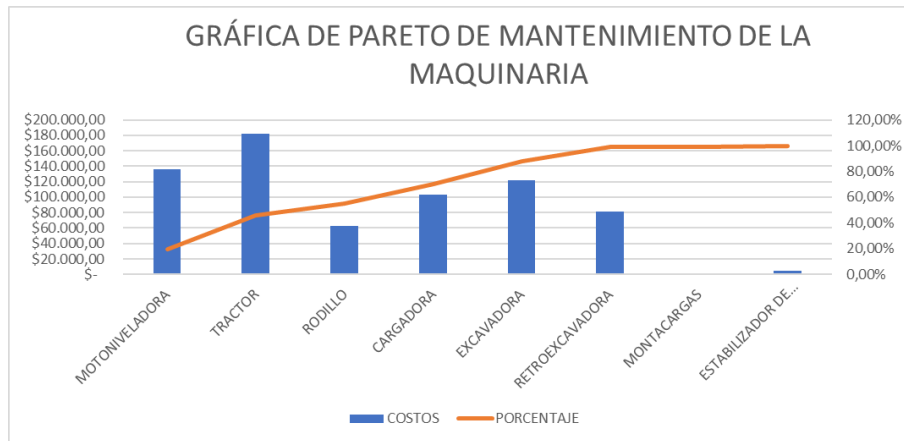
Los costos de mantenimiento por tipos de maquinaria pesada existentes en la empresa, recopilados de los historiales de mantenimiento se presentan en la tabla 8 y en su diagrama de Pareto en la figura 5 observando como resultado que el equipo que más costo genera son los tractores con un 45.95% de igual manera las motoniveladoras, rodillos, cargadores y excavadoras también crean costos que son considerables y se ven reflejados en el diagrama de Pareto.

*Tabla 8 Costos de Mantenimiento por Tipos de Equipo (Autores)*

<b>EQUIPO</b>	<b>COSTO</b>	<b>COSTO ACUMULADO</b>	<b>%</b>
Motoniveladora	\$ 135.506,62	\$ 135.506,62	19,60%
Tractor	\$ 182.160,05	\$ 317.666,67	45,95%
Rodillo	\$ 62.935,87	\$ 380.602,54	55,05%
Cargadora	\$ 102.770,87	\$ 483.373,41	69,92%
Excavadora	\$ 121.860,33	\$ 605.233,74	87,54%
Retroexcavadora	\$ 81.003,63	\$ 686.237,37	99,26%
Montacargas	\$ 55,59	\$ 686.292,96	99,27%
Estabilizador de suelos	\$ 5.056,18	\$ 691.349,14	100,00%



**Figura 5** Diagrama de Pareto de Mantenimiento en la Maquinaria (Autores)



En este orden de ideas, se ve pertinente conocer los trabajos de mantenimiento a nivel de toda la flota que se realiza con mayor frecuencia en los equipos de maquinaria pesada según la información recopilada de los historiales de mantenimiento son los presentados en la tabla 9 y en su diagrama de Pareto en la figura 6 dando como resultado el cambio de bomba hidráulica, reparación de bomba hidráulica, cambio de puntas, adaptadores y pasadores del cucharón son los fallos que más incidencia tienen en la empresa por ende los mismos se ven reflejados en los costos de cada uno de los equipos de la empresa.

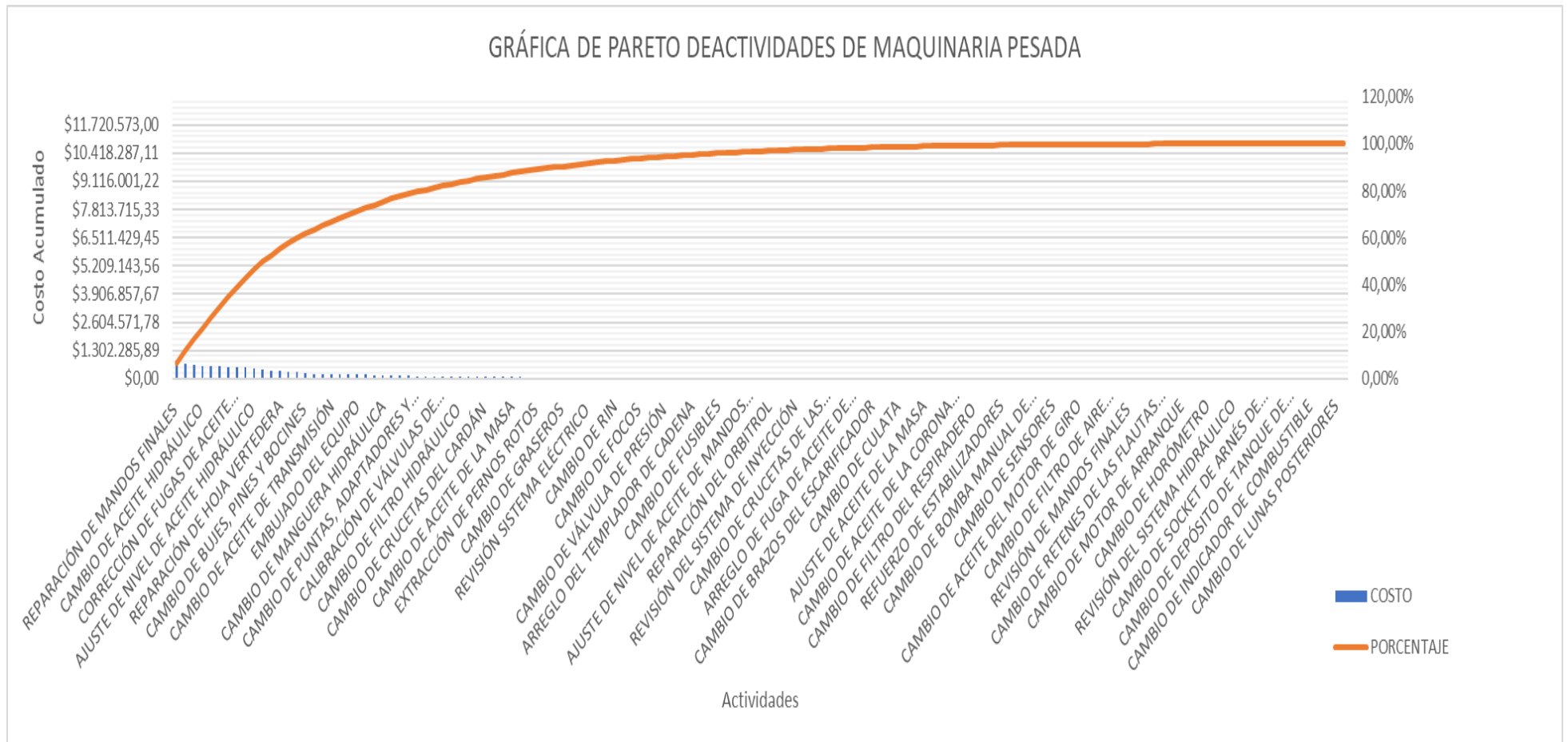
De igual manera genera un gran porcentaje los cambios de filtro de aceite de motor, filtro de aire P/S, cambio de manguera hidráulica y cambio de filtro de racor que son actividades que se realizan en un rango menor de tiempo.

**Tabla 9.** Actividades y porcentaje de fallos en maquinaria pesada (Autores)

<b>Actividades</b>	<b>Porcentaje [%]</b>
Reparación de mandos finales	6,65%
Cambio de aceite de motor	12,08%
Reparación del escarificador	16,95%
Cambio de aceite hidráulico	21,61%
Engrasado del Equipo	26,20%

Reparación del motor	30,64%
Corrección de fugas de aceite hidráulico	34,82%
Reparación de la transmisión	38,83%
Reparación de tren de rodaje	42,79%
Ajuste de nivel de aceite hidráulico	46,34%
Cambio de kit de sellos de gatos hidráulicos	49,72%
Reparación del diferencial	52,50%
Reparación de hoja vertedera	55,18%
Cambio de neumático	57,64%
Reparación del cucharón	59,83%
Cambio de bujes, pines y bocines	61,97%
Cambio de bases del motor	63,55%
Revisión del motor	65,14%
Cambio de aceite de transmisión	66,67%
Reparación bomba de inyección	68,20%
Reparación de pala	69,71%
Embujado del equipo	71,19%
Cambio de filtro racor	72,56%
Cambio de filtro de combustible	73,90%
Cambio de manguera hidráulica	75,23%
Cambio de filtro de aire P/S	76,54%
Cambio de filtro de aceite de motor	77,63%
Cambio de puntas, adaptadores y pasadores del cucharón	78,63%
Reparación de bomba hidráulica	79,55%
Cambio de bomba hidráulica	80,46%

Figura 6 Diagrama de Pareto Actividades Maquinaria Pesada ( Autores)



### **Capítulo 3: Programa Para el Cálculo del CAE.**

En este capítulo se enseña la interfaz del programa, explicación y su respectivo funcionamiento usado para el cálculo de los costes del ciclo de vida de las flotas de transporte de la empresa de la cual se obtuvo los datos del historial del mantenimiento.

#### **Estructura del programa**

El Software del cálculo de los costes de mantenimiento fue desarrollado en una herramienta informática como lo es Microsoft Excel 2019 (compatible con todas las versiones de Excel), el mismo que fue seleccionado ya que es un programa de fácil acceso y muy intuitivo para el beneficiario, este programa está constituido por varias hojas donde se encuentra el historial de la base de datos de la flota de maquinaria que se usará para el desarrollo del mismo y que posteriormente se aplicará después para el cálculo de los distintos parámetros con los que cuenta el programa.

La herramienta desarrollada tiene la misión de incrementar la eficiencia, disponibilidad y durabilidad de toda la flota de tal manera que permita pronosticar el tiempo de duración de la maquinaria antes de ser reemplazada y que se devalúe por completo.

#### ***Objetivos del programa***

- Calcular el coste total de mantenimiento de la flota de maquinaria pesada tomando en cuenta costos de funcionamiento y mantenimiento preventivo y correctivo.
- Mantener la operatividad y vida útil de la maquinaria pesada.
- Pronosticar el valor de reventa y el año adecuado para el reemplazo de la maquinaria antes de su depreciación absoluta.

## ***Componentes del Programa***

El programa está desarrollado con un módulo principal y cuadros de texto para ingresar o acceder a la información y posteriormente realizar el cálculo del CAE.

- Cuadros de texto:
  - "Proyecto": Ingresar el nombre del proyecto a analizar.
  - "Años": Número de años.
  - "Valor Compra": Valor de adquisición de la máquina.
  - "Valor último de depreciación": Valor que tomará la maquinaria en años posteriores.
  - "Mejor Año": se presentará el año y el valor del mismo es decir el CAE.
- Lista desplegable:
  - "Base de datos": Nombre de maquinaria existente en la base de datos.
- Botón:
  - "Exponencial": Realizará el cálculo de manera exponencial del costo de reventa en proyecto que no conste en la base de datos.
  - "Lineal": Realizará el cálculo de manera lineal del costo de reventa en proyecto que no conste en la base de datos.
  - "Generar": Generará el cálculo y las gráficas de un nuevo proyecto.
  - "Guardar": Guardará los datos ingresados a la base de datos.
  - "Borrar": Borrará la información para realizar un nuevo proyecto.
- Gráficas:
  - "Depreciación Exponencial": Gráfica usando el criterio exponencial.

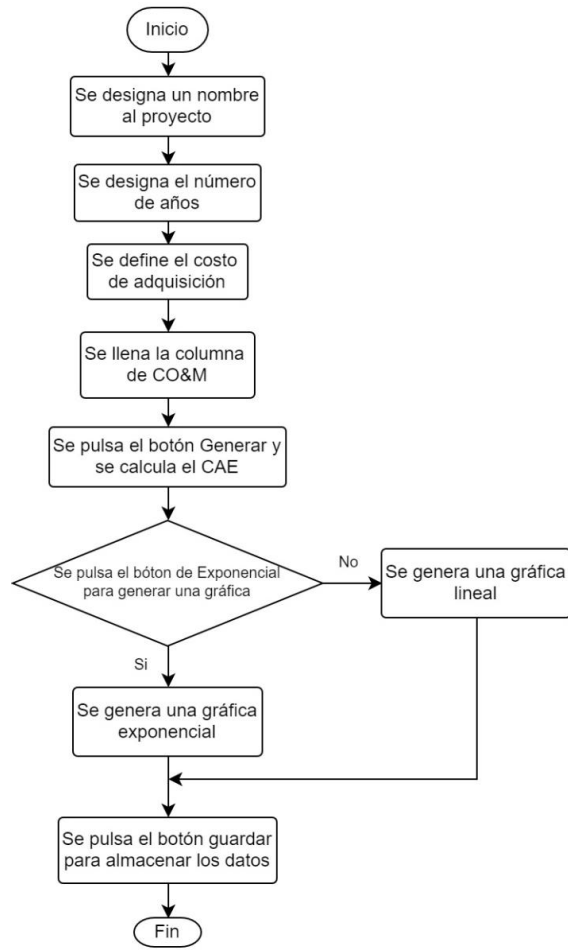
- “Depreciación Lineal”: Gráfica usando el criterio lineal.

## Diagramas de Flujo del Manejo del Software

Un diagrama de flujo tiene como finalidad representar de manera esquemática y resumida un algoritmo, el cual muestra gráficamente los procesos que se deben perseguir para encontrar la solución al problema que se está planteando.

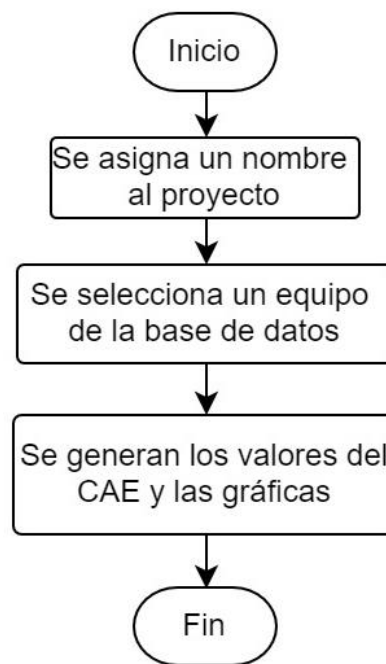
En la figura 7 se presenta el diagrama de flujo, el cual indica el procedimiento que se debe llevar a cabo para el ingreso de datos de costos de mantenimiento y funcionamiento de un equipo además del cálculo y sus gráficas del equipo ingresado.

*Figura 7 Diagrama de Flujo de Equipo Nuevo. (Autores)*



Por último, en la figura 8 se observa el diagrama de flujo del proceso que se lleva a cabo al usar la base de datos del historial de mantenimiento y costos de reventa de la flota para obtener el CAE (Costo Anual Equivalente) de los años analizados respectivamente.

*Figura 8 Diagrama de Flujo Aplicando Base de Datos. (Autores)*

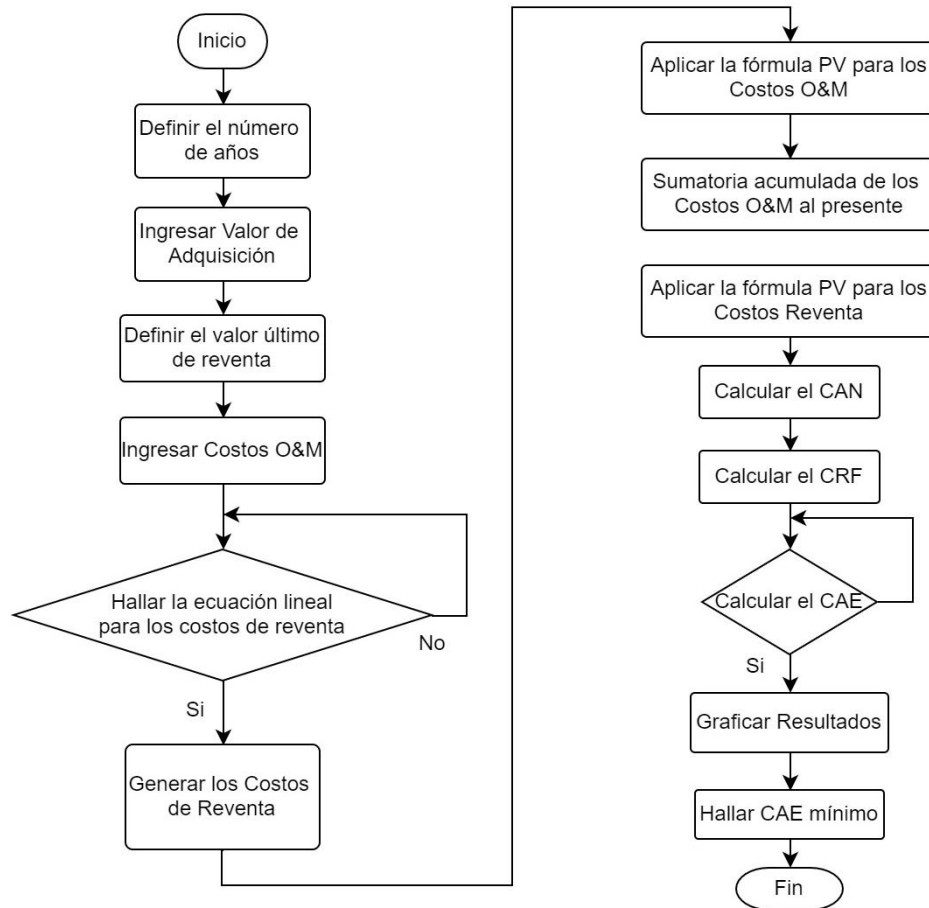


### **Diagramas de Flujo de Cálculo Lineal**

Por una parte, para un mejor entendimiento del programa se presenta en la figura 9 el diagrama de flujo del funcionamiento interno del software para el cálculo de Costos de Ciclo de Vida aplicando una depreciación lineal en los costos de reventa; en primer lugar se ingresan todos los datos que son: número de años, valor de adquisición, valor último de reventa y costos de operación y mantenimiento, ahora bien una vez ingresados dichos datos se obtiene la ecuación de la pendiente la cual se aplica para obtener los costes de reventa en base al número de años, los valores de adquisición y el valor último de reventa. A continuación, se aplica la fórmula del Valor Presente (PV) [10] tanto a los costos de operación y mantenimiento como a los costos de reventa.

Debe señalarse, que se aplica la sumatoria acumulada de los costos de operación y mantenimiento traídos al presente lo cual nos ayuda para el cálculo de CAN y CRF respectivamente. En último término se calcula el CAE con el que se obtiene la gráfica para hallar el CAE mínimo y realizar el análisis respectivo según corresponda.

*Figura 9 Diagrama de Flujo Cálculo Reventa Lineal. (Autores)*



### Diagramas de Flujo de Cálculo Exponencial

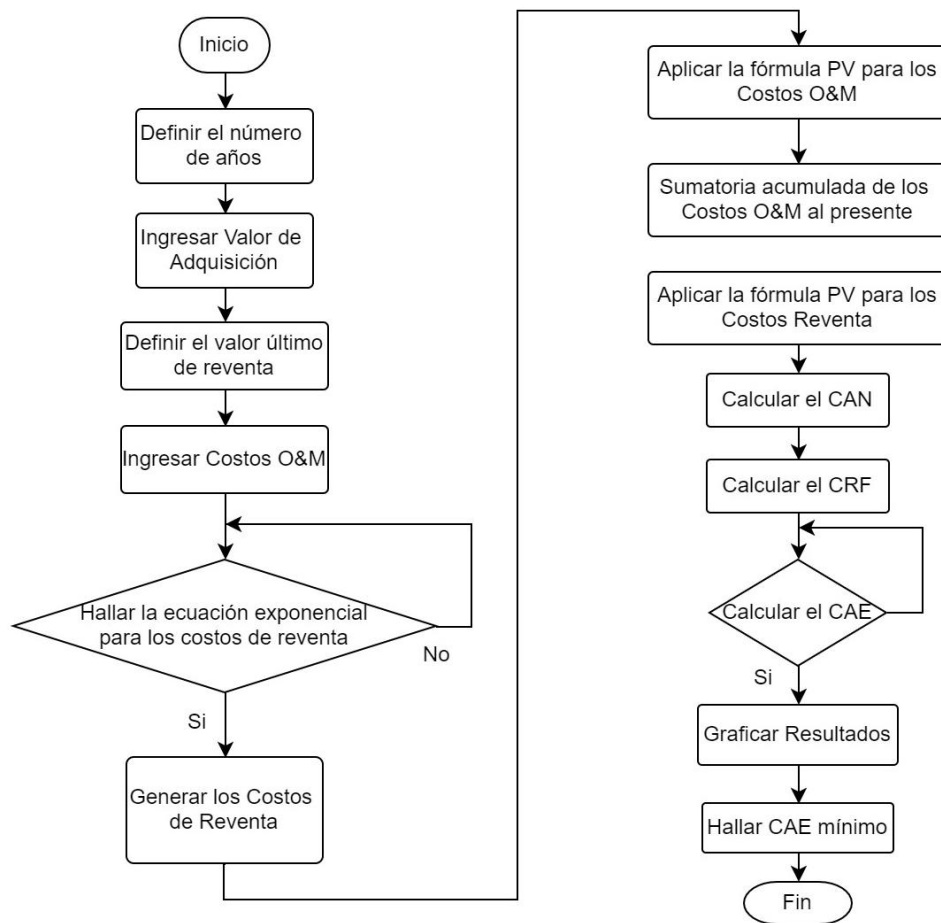
Se observa que en la figura 10 se especifica por medio de un diagrama de flujo el funcionamiento interno del software para el cálculo de Costos de Ciclo de Vida aplicando una depreciación exponencial en los costos de reventa; en primer lugar se ingresan todos los datos que son: número de años, valor de adquisición, valor último de reventa y costos de operación y



mantenimiento, de este modo una vez ingresados dichos datos se obtiene la ecuación exponencial la cual se aplica para obtener los costes de reventa en base al número de años, los valores de adquisición y el valor último de reventa.

Sucede pues, que se aplica la fórmula del Valor Presente (PV) [10] tanto a los costos de operación y mantenimiento como a los costos de reventa. Simultáneamente, se aplica la sumatoria acumulada de los costos de operación y mantenimiento traídos al presente lo cual nos ayuda para el cálculo de CAN y CRF respectivamente. A fin y efecto de que se calcula el CAE con el que se obtiene la gráfica para hallar el CAE mínimo y realizar el análisis respectivo según corresponda.

**Figura 10** Diagrama de Flujo Cálculo Reventa Lineal. (Autores)



## **Funcionamiento del Programa.**

Es importante acotar que existe básicamente dos maneras en las que se puede dar uso la herramienta desarrollada, la primera mediante el ingreso manual de los datos y la segunda empleando la base de datos anteriormente generada.

### ***Ingreso de Datos.***

- **Nombre del proyecto.**

Para empezar, en la figura 11 se indica el cuadro de texto en el cual se deberá ingresar el nombre del proyecto como primer paso, cabe recalcar que dicho nombre no deberá existir en la base de datos ya que la información se puede tergiversar con la ya existente en la misma ocasionando un conflicto en el análisis final.

*Figura 11 Nombre del Proyecto. (Autores)*

A screenshot of a software interface showing a text input field. The word "Proyecto" is written in a bold, black, serif font to the left of the input box. The input box itself is a horizontal rectangle with a thin border and a vertical cursor line at the beginning, set against a light gray background.

- **Años de análisis.**

A continuación, en la figura 12 se especifica el siguiente paso el cual es definir el número de años proyectados para el análisis y posterior cálculo del Costo Anual Equivalente del nuevo equipo.

*Figura 12 Años de Análisis. (Autores)*

A screenshot of a software interface showing a text input field. The word "Años" is written in a bold, black, serif font to the left of the input box. The input box is a horizontal rectangle with a thin border, set against a light gray background.

- **Valor de Compra y Valor Último de Depreciación.**

Por consiguiente, en la figura 13 se deberá ingresar el valor de compra y valor último de depreciación de la máquina, cabe recalcar que el valor de depreciación puede ser calculado de varias maneras, por lo que dicta el fabricante o por la tasa de depreciación establecida en la región que se encuentre la máquina.

*Figura 13 Valor de Compra y Valor último de Depreciación. (Autores)*

Valor Compra	<input type="text"/>	Valor Ultimo de depreciación	<input type="text"/>
--------------	----------------------	------------------------------	----------------------

- **Ingreso de Costos de Mantenimiento y Funcionamiento.**

Por tanto, en la figura 14 se indica cómo se introducen los costos de mantenimiento y funcionamiento ingresados manualmente según los años que se desea analizar previamente definidos en el nuevo equipo.

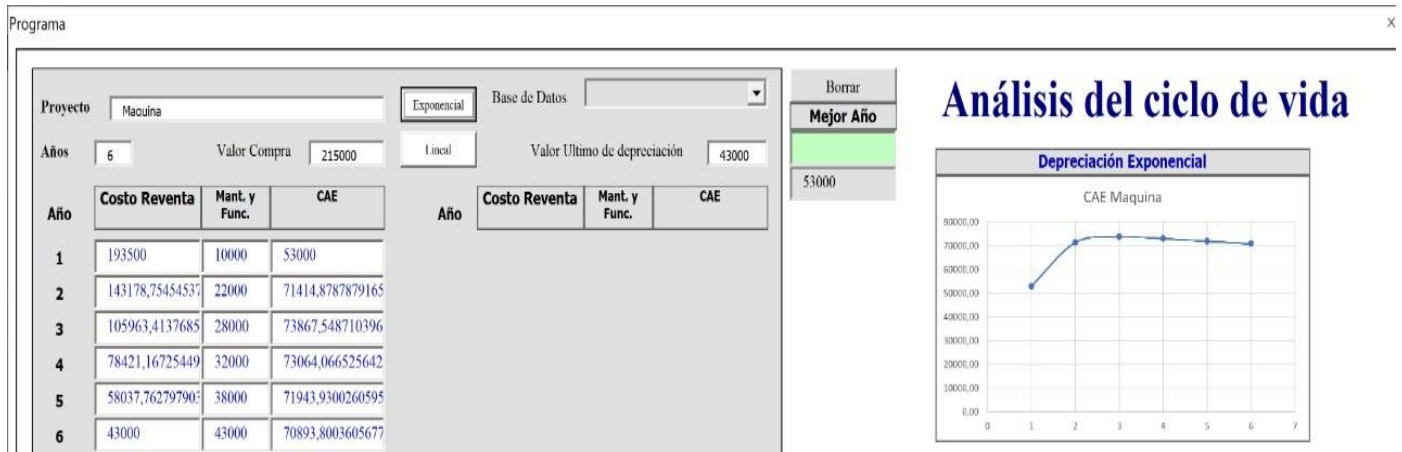
*Figura 14 Ingreso de Costos. (Autores)*

<b>Año</b>	<b>Costo Reventa</b>	<b>Mant. y Func.</b>	<b>CAE</b>
<b>1</b>		10000	
<b>2</b>		22000	
<b>3</b>		28000	
<b>4</b>		32000	
<b>5</b>		38000	
<b>6</b>		43000	

- **Cálculo de Manera Exponencial.**

Después, en la figura 15 se muestra que al momento de presionar el botón "Exponencial" se genera los valores de reventa de manera que se considere una caída exponencial la misma que es basada en una ecuación obtenida según el valor de compra y el valor último de depreciación, los costos de reventa irán variando según los años analizados.

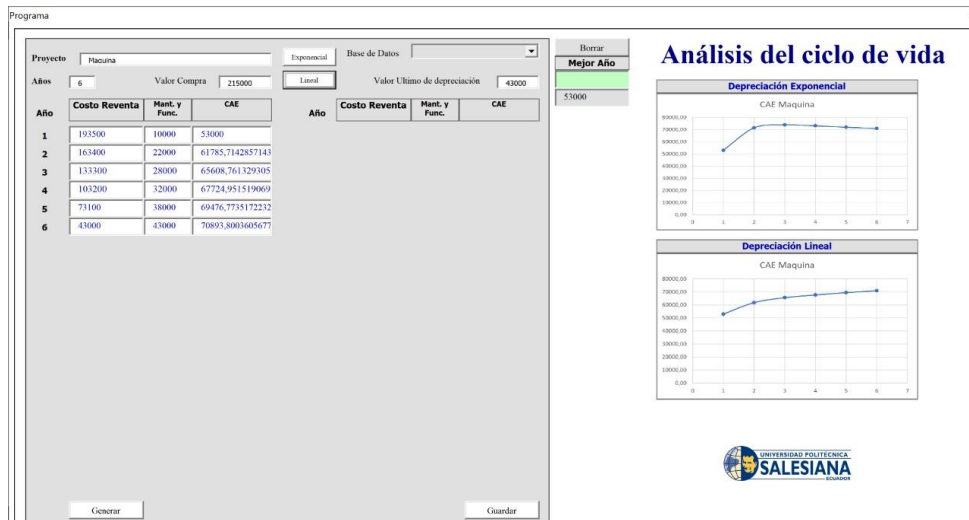
*Figura 15 Cálculo de Manera Exponencial. (Autores)*



- **Cálculo de Manera Lineal.**

Al mismo tiempo, en la figura 16 se muestra que al momento de presionar el botón "Lineal" se genera los valores de reventa de manera que se considere una caída lineal la misma que es basada en una ecuación obtenida según el valor de compra y el valor último de depreciación, los costos de reventa del equipo irán variando según el número de años que se van analizar. Es importante mencionar que en ambos casos ya sea exponencial o lineal al presionar el botón "Generar" se creará una hoja de cálculo en Excel con los valores obtenidos como respaldo para un análisis y si queremos conservar dichos datos se debe presionar el botón "Guardar" para agregar a la base de datos.

Figura 16 Cálculo de Manera Lineal. (Autores)



- **Análisis de Datos.**

Finalmente, en la figura 17 se ve reflejado el "Mejor Año" el cual para este análisis nos indica el año 1 debe ser considerado para un análisis tomando en consideración que el CAE mínimo nos indica que ese año sería el ideal para el remplazo o mejor manejo en los costos de funcionamiento y mantenimiento dando así un parámetro para un análisis en la flota vehicular.

Figura 17 Análisis de Datos. (Autores)



## Ingreso Mediante la Base de Datos.

En este apartado la generación de los datos y gráficas dependerá únicamente de la base de datos de la flota vehicular previamente definida.

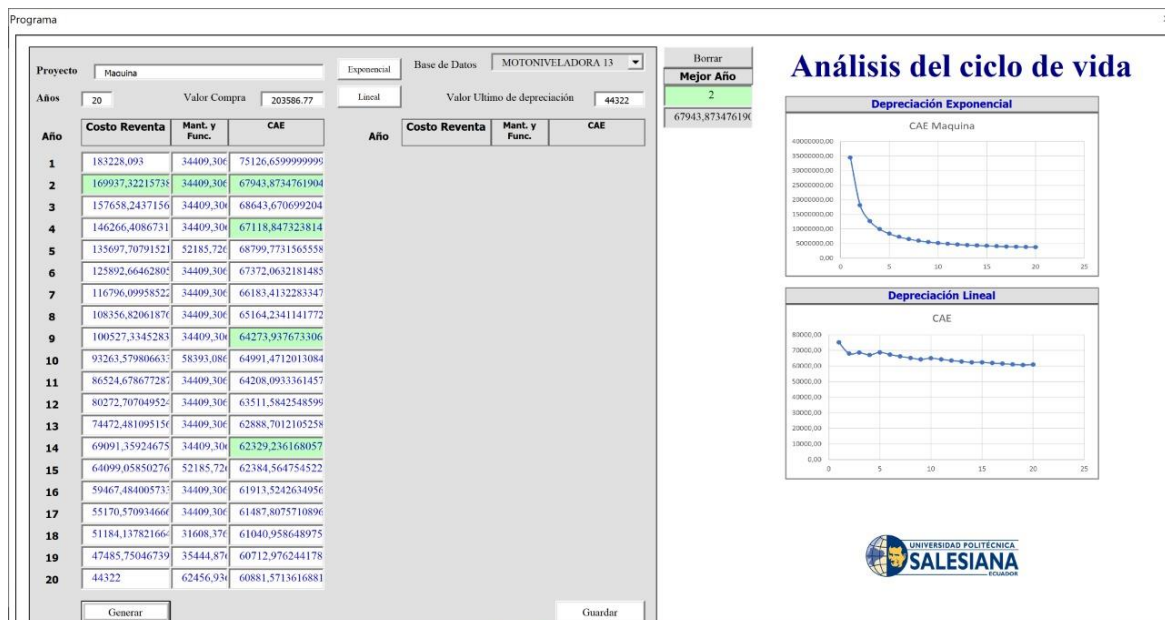
Primeramente, se deberá presionar en la lista desplegable y posteriormente seleccionar el tipo de maquinaria que se analizará de nuestra base de datos como se presenta en la figura 18.

**Figura 18** Selección de Maquinaria. (Autores)

Base de Datos MOTONIVELADORA 13 ▼

Ahora bien, una vez seleccionada la máquina a analizar cómo se indica en la figura 19 se desplegará todos los datos referentes a esta maquinaria con respecto a los costos de reventa, mantenimiento y funcionamiento los mismos que son usados para el cálculo del CAE (Costo Anual Equivalente), asimismo en base a los datos generados se tomará en cuenta el CAE mínimo para planear un posible reemplazo de la máquina que para la motoniveladora 13 sería en el año 19 lo cual también se verá reflejado en las gráficas.

**Figura 19** Análisis Base de Datos. (Autores)

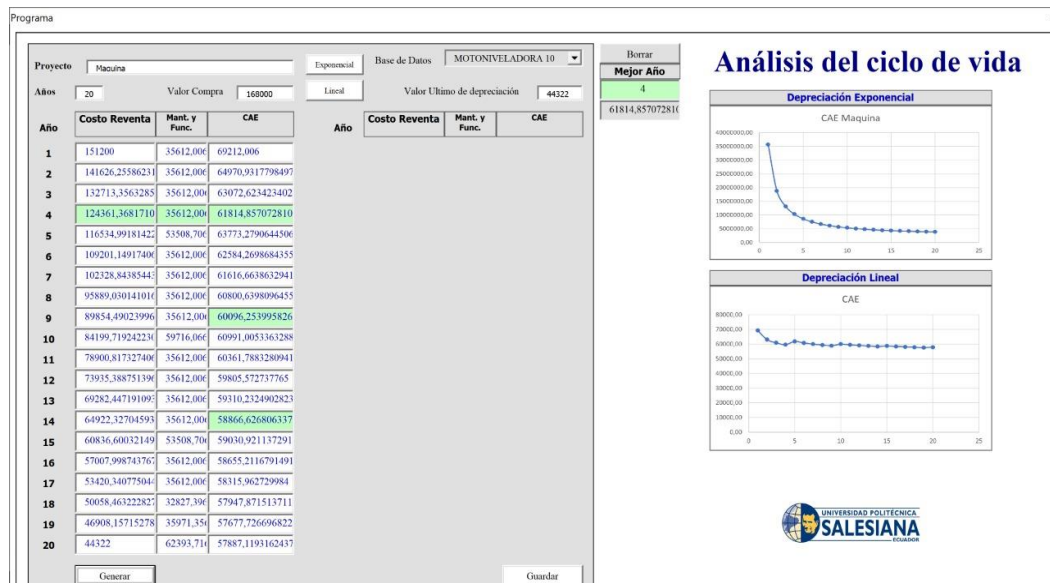


## Ejemplos y Análisis.

Para ejemplificar y un mejor entendimiento tanto del software como del análisis que se deberá hacer en la flota analizada, a continuación, se presentan ejemplos y análisis de la maquinaria de la empresa como del nuevo equipo que se puede ingresar y analizar en el software.

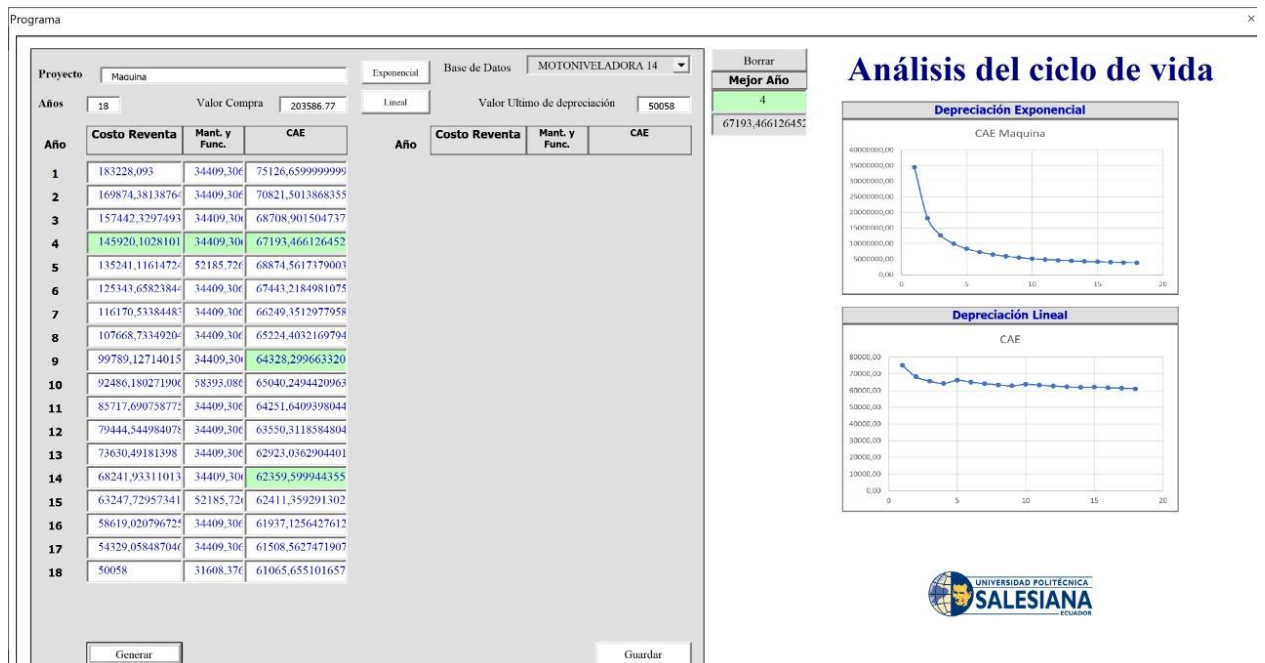
Como se puede observar, en la figura 20 se ha ingresado mediante la base de datos previamente obtenida por los historiales de mantenimiento de la empresa analizada, en este caso la Motoniveladora 10 de dicha empresa se obtiene la gráfica tanto exponencial como lineal y los resultados del CAE a cause de ello se obtienen varios análisis, se indican varios CAE mínimos que se pueden interpretar como mantenimiento de gran costo que se ha realizado a la maquinaria ya sean mantenimiento preventivos o correctivos según corresponda pero según el CAE el año óptimo para el reemplazo de dicho equipo es en el año 4 ya que presenta el menor CAE a lo largo de los 20 años analizados. Así como en las gráficas obtenidas se observa el comportamiento que tendrá la máquina después de los mantenimientos que se han realizado y la manera en la que la máquina se va devaluando y si aún es útil económicamente en la empresa.

Figura 20 Ejemplo Motoniveladora 10. (Autores)



Permítame explicarle que en la figura 21 analizamos la motoniveladora 14 que a diferencia de las demás existente tiene un costo elevado de adquisición que se verá reflejado en los costos de reventa que adquirirá la maquina a lo largo de los años analizados. Si bien es cierto en el año 4 indica que sería el cambio del equipo y de igual forma en los años 9 y 14 presentan un CAE menor a comparación de los demás, esto lo que nos indica es que la máquina pudo haber atravesado un mantenimiento que ocasionó una para en sus actividades y por ende un costo elevado lo que genera pérdida económica en la empresa y la empresa deberá analizar si es mejor reparar o desechar dicha maquinaria. De igual manera en las gráficas del CAE exponencial y lineal se observa que la máquina en sus primeros años de funcionamiento rinde de manera correcta, pero con el pasar de los años los costos van aumentando y la maquinaria no trabaja de manera eficiente dando pérdidas o paras en la producción de la flota.

Figura 21 Ejemplo Motoniveladora 14. (Autores)





Resumiendo lo planteado es de tal manera cómo funciona el software el cual nos permite un análisis a lo largo de los años según como se desee analizar. Es importante mencionar que mientras más se consideren los costos que genere la maquinaria; estos pueden ser; costos de seguros, costos de repuestos, costos de mano de obra entre otros, el análisis será mucho más exacto y se obtendrá el año indicado ya sea para la reparación o cambio del equipo.

## **Conclusiones:**

Se realizó una recapitulación bibliográfica del estado del arte referido a el análisis del costo de ciclos de vida de manera especial enfocado en maquinaria pesada considerando libros, trabajos de titulación y softwares referentes al mantenimiento de flotas de vehículos. En base a los cuales se desarrolló el programa de análisis de costos presentado, el mismo que es el objetivo principal de nuestro proyecto.

De toda la flota vehicular que posee dicha empresa se trabajó únicamente con vehículos de las categorías N y O, los mismos que principalmente están constituidos por estabilizadores de suelo, montacargas, cargadoras, retroexcavadoras, rodillos, tractores, motoniveladoras y excavadoras que dan total de 42 equipos de maquinaria pesada.

Se determinó que el equipo más crítico son las motoniveladoras mediante el análisis de Diagramas de Pareto el cual representa un 19.60% y un valor aproximado de \$135.506,62 de toda la flota de este tipo de vehículos con los que cuenta la empresa

De igual manera para las actividades más críticas de mantenimiento de toda la flota tiene relación con: reparación de mandos finales con un índice de 6,65%, cambio de aceite de motor con un 12,08%, reparación del escarificador con un 16,95% y el cambio de aceite hidráulico con un 21,61% siendo estas las actividades las se repiten con más frecuencia por lo tanto son las que generan un alto índice de costos acumulados.

A continuación, se elaboró una herramienta informática para el análisis del Costo Anual Equivalente en base a la adición de los costos de operación y mantenimiento al igual que el costo de reventa de la maquinaria, como se ha presentado en la figura 21 al analizar la motoniveladora 14, el primer CAE mínimo se muestra en el año 4 con un valor de \$67.193,46 el cual nos brinda

varios puntos de análisis, el cual se pueden interpretar como un valor de mantenimiento, reparación o un posible reemplazo del equipo, teniendo en cuenta que en el año 9 el CAE obtenido es \$64.328,29 y en el año 14 es \$62.359,59, en donde, la empresa podría plantearse un reemplazo del equipo o realizar un reacondicionamiento de la maquinaria para mantenerla en un correcto uso operativo dentro de su flota de maquinaria pesada.

Cabe recalcar que la aplicación creada se la realizó en un software de uso libre, donde consta la base de datos de la empresa donde se analizaron los costes de operación y funcionamiento de la flota de maquinaria pesada, en base a los históricos de mantenimiento de los 20 años que estaban en uso operativo.

### **Recomendaciones:**

Se recomienda a la empresa la implementación del Software desarrollado, ya que está diseñado el cálculo de cualquier tipo de equipo y así se conserven en perfectas condiciones de trabajo, disponibilidad en cualquier momento y sobre todo atenuar las paradas no pronosticadas.

Para la realización del cálculo en el programa es importante que los equipos estén en óptimas condiciones de funcionamiento, planteando una detención de los equipos y haciendo una estimación para determinar el estado de los mismos.

Se recomienda capacitar a los encargados del área de mantenimiento que manejarán el programa para que su desarrollo en el ámbito laboral sea el esperado, y puedan solventar cualquier anomalía que se presente al momento de realizar las actividades de análisis de costos.

Al momento de ingresar los datos de los nuevos equipos, es decir, los costos de funcionamiento y mantenimiento, costos de reventa, valor de adquisición y valor último de depreciación de la nueva maquinaria al software informático, el usuario que introduzca la información esté capacitado para el correcto manejo del software ya que deberá ingresar la información exactamente como se encuentra en los historiales de mantenimiento.

## Bibliografía

Aceña, M. (2016a). *Gestión de costes y calidad del servicio de transporte por carretera: UF0922*. <https://elibro.net/ereader/elibrodemo/51202>

Aceña, M. (2016b). *Gestión y control de flotas y servicios de transporte por carretera: UF0925*. <https://elibro.net/ereader/elibrodemo/51200>

AEN/CTN 200. (2009). *Gestión de Confiabilidad Parte 3-3 Guía de Aplicación Cálculo del Coste de Ciclo de Vida* (Patent N.º UNE EN 60300-3-3).

Alvarado Verdín, V. M. (2016). *Ingeniería de costos*. Grupo Editorial Patria. <http://undefined/es/ereader/bibliotecaups/40454>

Álvarez, C. A. F., & Puig, P. M. (2015). *Contabilidad de costes*. Dykinson. <http://undefined/es/ereader/bibliotecaups/34255>

Fabrycky, W. J. (1997). *Análisis del coste del ciclo de vida de los sistemas*. Isdefe.

INEN. (2016). *Clasificación Vehicular* (Patent N.º NTE INEN 2656).

Jardine, A., & Tsang, A. (2013). *Maintenance, Replacement, and Reliability* (2.<sup>a</sup> ed.). CRC Press.

Jiménez Aguirre, R., & Serna Restrepo, J. (2019). *Información contable para la gestión y el control*. Ediciones de la U. <http://undefined/es/ereader/bibliotecaups/127076>

Prieto, B., Santidrián, A., & Aguilar, P. (2006). *Contabilidad de costes y de gestión: Un enfoque práctico*. Delta Publicaciones. <http://undefined/es/ereader/bibliotecaups/169680>

Ross, S. A., Westerfield, R. W., & Jaffe, J. F. (2012). *Finanzas corporativas*. McGraw-Hill Interamericana.

Vidal Holguín, C. J. (2010). *Fundamentos de control y gestión de inventarios*. Programa Editorial Universidad del Valle. <http://undefined/es/ereader/bibliotecaups/128995>