



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA APLICACIÓN LIBRE EN LA
PLATAFORMA APPSHEET PARA LA DETERMINACIÓN DEL COSTO HORARIO DE
OPERACIÓN DE MAQUINARIA PESADA EN LA CIUDAD DE CUENCA**

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

AUTORES: RICARDO ANTONIO ALULEMA PARRA

FREDDY GUSTAVO CAJAMARCA CHANCUSI

TUTOR: ING. JUAN FERNANDO CHICA SEGOVIA, MSc.

Cuenca - Ecuador

2025

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Nosotros, Ricardo Antonio Alulema Parra con documento de identificación N° 1721902987 y Freddy Gustavo Cajamarca Chancusi con documento de identificación N° 0104633938; 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, 02 de febrero del 2025

Atentamente,



Ricardo Antonio Alulema Parra

1721902987



Freddy Gustavo Cajamarca Chancusi

0104633938

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

Nosotros, Ricardo Antonio Alulema Parra con documento de identificación N° 1721902987 y Freddy Gustavo Cajamarca Chancusi con documento de identificación N° 0104633938, 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: “Desarrollo e implementación de una aplicación libre en la plataforma AppSheet para la determinación del costo horario de operación de maquinaria pesada en la ciudad de Cuenca”, 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, 02 de febrero del 2025

Atentamente,



Ricardo Antonio Alulema Parra

1721902987



Freddy Gustavo Cajamarca Chancusi

0104633938

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Juan Fernando Chica Segovia con documento de identificación N° 0102220654, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA APLICACIÓN LIBRE EN LA PLATAFORMA APPSHEET PARA LA DETERMINACIÓN DEL COSTO HORARIO DE OPERACIÓN DE MAQUINARIA PESADA EN LA CIUDAD DE CUENCA, realizado por Ricardo Antonio Alulema Parra con documento de identificación N° 1721902987 y por Freddy Gustavo Cajamarca Chancusi con documento de identificación N° 0104633938, 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, 02 de febrero del 2025

Atentamente,



Ing. Juan Fernando Chica Segovia, MSc.

0102220654

DEDICATORIA

El presente proyecto le dedico a Dios que es guía inesperable en mi camino académico y un futuro profesional exitoso; comprendiendo que cada paso es el aprendizaje como regalo de mi paso al vasto conocimiento ingenieril en un automotor. Además, a mis padres Luis Alulema y María Parra, por su apoyo, paciencia y cariño; donde los valores obtenidos se reflejan en cada actividad estudiantil. Valores que son necesarios en la vida profesional y que reflejan la educación en mi hogar; cuya estructura conforma responsabilidad y esfuerzo en el camino de estudiante. De tal forma que manifiesta en el objetivo trazado del Ingeniero Automotriz.

Ricardo Antonio Alulema Parra

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto a mis padres, por ser mi mayor ejemplo de esfuerzo, dedicación y perseverancia. Gracias por cada sacrificio, por cada palabra de aliento y por enseñarme que los sueños se construyen con trabajo y determinación. Este logro es tanto mío como suyo. A mi pareja, por su amor, paciencia y apoyo incondicional. Gracias por acompañarme en cada paso de este camino, por creer en mí incluso en los momentos de duda y por ser mi refugio en los días difíciles. Tu compañía ha sido fundamental para alcanzar este meta.

A mi hija, mi mayor inspiración y motivo de lucha. Todo lo que hago es por ti, para brindarte un mejor futuro y demostrarte que con esfuerzo y dedicación no hay límites para alcanzar lo que te propongas. Espero que este logro sea un ejemplo para que siempre persigas tus sueños con valentía.

A ustedes, que han sido mi fortaleza y mi motor, les dedico con todo mi amor este proyecto, fruto de su apoyo y mi esfuerzo.

Freddy Gustavo Cajamarca
Chancusi

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a la academia; que fue la base de mis conocimientos para poder ampliar mis ideales ingenieriles con respecto a las nuevas tecnologías en el campo automotriz; siendo el motivo por seguir en un futuro lleno de labor y compromiso.

Al seguimiento de nuestro tutor; gracias a sus propuestas como docente en este proyecto de tesis; las cuales dieron como fruto el razonamiento teórico-practico alcanzado; luego de haber pasado la catedra que hace referencia al tema sugerido.

Ricardo Antonio Alulema Parra

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser mi guía en este camino y darme perseverancia en cada momento de dificultad.

A mi pareja y mi hija que son mi más grande motivación para ser mejor cada día y cruzar cada obstáculo. Gracias por ser mi refugio en los momentos difíciles y por estar a mi lado, animándome a seguir adelante y celebrando cada uno de mis logros.

A mis padres, por su apoyo constante y sus sacrificios que me han permitido alcanzar este logro. Lo que en algún momento fue solo un sueño, hoy es una meta alcanzada gracias a su sacrificio y dedicación.

A mis compañeros, por compartir conmigo su tiempo, conocimientos y ánimos, que han hecho de este proyecto una experiencia enriquecedora y significativa.

A mis profesores y tutores, por su paciencia, enseñanzas y motivación, que han sido clave para mi desarrollo profesional.

Y, finalmente, a mí mismo, por no rendirme y seguir adelante pese a los desafíos. Este trabajo es el fruto de todos.

A nuestro tutor, Ing. Juan Fernando Chica, queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento por su valiosa asesoría y constante disposición.

Este éxito es fruto del esfuerzo conjunto de todos ustedes, y es un honor poder compartirlo. ¡Gracias de corazón!

Freddy Gustavo Cajamarca Chancusi

RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo principal desarrollar e implementar una aplicación en la plataforma AppSheet para facilitar el cálculo con la determinación precisa del costo horario de operación de maquinaria pesada en la ciudad de Cuenca. Este cálculo es esencial en la gestión de equipos en sectores como la construcción y la minería, donde conocer los costos operativos en detalle permite una mejor planificación, control presupuestario y toma de decisiones eficientes.

En primer lugar, se llevó a cabo una revisión del estado del arte sobre los factores que influyen en el costo horario de operación de maquinaria pesada. Este análisis se realizó mediante consultas en bases de datos nacionales e internacionales, lo cual permitió identificar y seleccionar las variables críticas que deben incluirse en el modelo de cálculo.

Posteriormente, se procedió con el desarrollo del sistema de cálculo en AppSheet, donde se integró las variables clave en una interfaz amigable y funcional. La elección de AppSheet como plataforma se basa en su capacidad para desarrollar aplicaciones personalizadas de forma ágil y eficiente, sin necesidad de programación avanzada, lo cual facilita la implementación rápida de prototipos y ajustes basados en retroalimentación. La aplicación se diseñó de manera modular, permitiendo ajustes en los factores y parámetros para adaptarse a diferentes tipos de maquinaria o condiciones operativas que puedan variar según el entorno de trabajo. Además, se incorporan funciones de validación de datos para garantizar la precisión en los cálculos y mejorar la confiabilidad de los resultados obtenidos. La estructura del sistema permite a los usuarios ingresar información de manera intuitiva, visualizar cálculos en tiempo real y generar informes detallados para la toma de decisiones.

Para validar la funcionalidad y precisión de la herramienta desarrollada, se realizó pruebas de aplicación mediante la socialización con el Grupo de Investigación en Ingeniería del Transporte (GIIT). Este grupo brinda retroalimentación valiosa respecto a la efectividad del sistema, identificando posibles mejoras en su cálculo, usabilidad y aplicabilidad en escenarios de operación real.

ABSTRACT

The main objective of this project is to develop and implement an application on the AppSheet platform to facilitate the calculation and accurate determination of the hourly cost of operating heavy machinery in the city of Cuenca.

This calculation is essential in the management of equipment in sectors such as construction and mining, where knowing the operating costs in detail allows for better planning, budget control and efficient decision making.

First, a review of the state of the art on the factors that influence the hourly cost of operating heavy machinery was carried out. This analysis was carried out through queries in national and international databases, which allowed the identification and selection of critical variables that should be included in the calculation model.

Subsequently, the development of the calculation system in AppSheet was carried out, where the key variables were integrated into a friendly and functional interface. The choice of AppSheet as a platform is based on its ability to develop customized applications in an agile and efficient way, without the need for advanced programming, which facilitates the rapid implementation of prototypes and adjustments based on feedback.

The application was designed in a modular way, allowing adjustments in the factors and parameters to adapt to different types of machinery or operating conditions that may vary depending on the work environment. In addition, data validation functions are incorporated to ensure accuracy in calculations and improve the reliability of the results obtained. The structure of the system allows users to enter information intuitively, view calculations in real time and generate detailed reports for decision making.

To validate the functionality and accuracy of the developed tool, application tests were carried out through socialization with the Transportation Engineering Research Group (GIIT). This group will provide valuable feedback regarding the effectiveness of the system, identifying possible improvements in its calculation, usability and applicability in real operating scenarios.

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	I
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	II
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	III
DEDICATORIA	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VII
AGRADECIMIENTO	VIII
RESUMEN	X
ABSTRACT	XII
ÍNDICE GENERAL	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS	XVI
INTRODUCCIÓN	1
PROBLEMA	3
Antecedentes	3
Importancia y alcances	4
Delimitación	4
OBJETIVOS	5
Objetivo General	5
Objetivos específicos	5
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL Y ESTADO DEL ARTE	6
1.1 COSTO FIJO	6
1.2 COSTO HORARIO	6
1.3 MAQUINARIA PESADA	8
1.4 NORMA INEN-ISO 9126	15
1.5 PLATAFORMA APPSHEET	16
1.6. ESTRUCTURA DE COSTOS DE MAQUINARIA PESADA.	16
1.7 DEFINICIÓN DE CÁLCULOS; CON RELACIÓN A COSTO HORA DE MAQUINARIA PESADA.	17
2. DESARROLLO DEL SISTEMA DE CÁLCULO UTILIZANDO LA PLATAFORMA APPSHEET	33

2.1	SELECCIÓN DE VARIABLES INICIALES	33
2.2	SELECCIÓN DE APLICACIÓN APPSHEET.....	36
2.3	CONFIGURACIÓN DE BASE DE DATOS.....	37
2.4	COLUMNAS DE LA TABLA BD_MAQUINA:	38
2.5	PROCESO DE CREACIÓN DE INTERFAZ DE LA APLICACIÓN.....	39
2.6	COLUMNAS DE LA TABLA:	40
2.7	INGRESO DE DATOS PARA CALCULAR LOS COSTOS HORARIOS	43
2.8	REGLAS DE VALIDACIÓN	43
2.9	BENEFICIOS DE UN SISTEMA ESTRUCTURADO DE INGRESO DE DATOS	45
2.10	INTERFAZ PRINCIPAL PARA INGRESO DE MAQUINARIA.....	47
3.	DESARROLLO DEL SISTEMA DE CÁLCULO UTILIZANDO LA PLATAFORMA APPSHEET	50
3.1	GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA DEL TRANSPORTE - GIIT	50
3.2	DESARROLLO DE UN MODELO DE CALCULO	51
3.3	COSTE DE PROPIEDAD	53
3.4	COSTE HORARIO TOTAL DE PROPIEDAD.....	53
3.5	COSTE DE OPERACIÓN	54
3.6	COSTE HORARIO TOTAL DE OPERACIÓN	54
3.7	COSTE DE NEUMATICOS	55
3.8	COSTE DEL OPERADOR	55
3.9	COSTE HORARIO TOTAL	55
3.10	COSTO HORARIO DE LA MAQUINARIA.....	55
3.10	MATERIAL PARTICULADO (PM)	56
3.11	ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS Y LOS RESULTADOS	64
	CONCLUSIONES	67
	RECOMENDACIONES.....	68
	BIBLIOGRAFÍA	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Excavadora	9
Figura 2	Bulldozer	10
Figura 3	Tractor agrícola.....	10
Figura 4	Retroexcavadora.....	11
Figura 5	Grúa.....	12
Figura 6	Motoniveladora	13
Figura 7	Pavimentadora	14
Figura 8	Rodillo compactador	15
Figura 9	Dimensiones de la maquinaria pesada.....	20
Figura 10	Factores de la maquinaria pesada.....	22
Figura 11	Factores Básicos del Tren de rodaje	23
Figura 12	Factores Básicos del Tren de rodaje.....	25
Figura 13	Variables principales.....	34
Figura 14	Introducción a la plataforma Appsheet.....	37
Figura 15	Bases de datos	37
Figura 16	Creación de interfaz.....	39
Figura 17	Ingreso de datos.....	43
Figura 18	Interfaz principal	47
Figura 19	Ingreso de nueva maquina.....	48
Figura 20	Datos calculados de la maquinaria	49
Figura 21	Grupo de investigación en ingeniería del transporte - GIIT.....	51
Figura 22	Aplicación de la plataforma Appsheet para una máquina de llantas	56
Figura 23	Ingresos iniciales para cálculos	57

Figura 24	Cálculo del costo horario en Excel de una maquinaria de llantas	59
Figura 25	Aplicación de la plataforma Appsheet para una máquina de oruga	60
Figura 26	Ingresos iniciales para cálculos	61
Figura 27	Cálculo del costo horario en Excel de una maquinaria de oruga	63

INTRODUCCIÓN

La maquinaria pesada es importante en el desarrollo de proyectos de construcción, infraestructura y minería; donde su capacidad para realizar tareas de gran envergadura resulta indispensable. No obstante, el uso de estos equipos implica elevados costos operativos que pueden influir significativamente en el presupuesto total de los proyectos. En este sentido determinar de manera precisa el costo horario de operación de maquinaria pesada, es una necesidad crítica para los administradores de proyectos, quienes deben equilibrar el rendimiento y la eficiencia con los gastos asociados a la operación continua.

Determinar el costo por hora de operación de maquinaria pesada es un proceso complejo que requiere considerar múltiples factores, como la depreciación del equipo, los gastos de mantenimiento, el consumo de combustible, la remuneración de los operadores y las particularidades de cada máquina y proyecto. Debido a la variabilidad de estas condiciones, los cálculos manuales o basados en estimaciones generales pueden ser imprecisos y difíciles de ajustar a cambios en las variables involucradas. Además, la falta de herramientas accesibles y adaptables a las necesidades de cálculo en el contexto local puede llevar a decisiones financieras inexactas y a una planificación subóptima, afectando la competitividad y eficiencia de las empresas que operan en estos sectores.

En respuesta a estos desafíos, las plataformas de desarrollo de aplicaciones ofrecen una alternativa moderna y accesible para la automatización de estos cálculos. AppSheet, en particular, permite desarrollar aplicaciones sin requerir conocimientos avanzados de programación, lo que facilita la creación de herramientas personalizadas para distintas necesidades de cálculo y administración. Mediante el diseño de una aplicación que integra variables clave y realiza cálculos

automatizados del costo horario de operación, es posible ofrecer una solución que permita a los administradores y operadores de maquinaria pesada contar con un acceso.

Esta propuesta busca mejorar la precisión y accesibilidad de la información relativa a los costos operativos de maquinaria pesada, ofreciendo un soporte tecnológico que agilice la toma de decisiones y optimice la gestión financiera en proyectos que dependen del uso intensivo de estos equipos. Al desarrollar una aplicación para el cálculo del costo horario de operación, se espera contribuir a la implementación de buenas prácticas en la administración de maquinaria pesada, promoviendo un manejo de recursos más eficiente y ajustado a la realidad económica.

PROBLEMA

El cálculo del costo horario de operación de maquinaria pesada es crucial para la planificación eficiente de proyectos de construcción y planificación en la ciudad de Cuenca, donde la correcta estimación de los costos de operación impacta directamente la rentabilidad y el control financiero. Sin embargo, los métodos tradicionales para este cálculo suelen depender de herramientas manuales o sistemas limitados y poco prácticos que no permiten una actualización en tiempo real ni una adecuada integración con otros sistemas operativos. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019)

La norma INEN-ISO 9126 proporciona un marco estructurado para el cálculo de estos costos, considerando factores como depreciación, mantenimiento, consumo de combustible y costos operacionales. A pesar de la existencia de esta normativa, la falta de herramientas automatizadas dificulta la aplicación eficaz de dichos lineamientos. La implementación de un sistema de cálculo en la plataforma AppSheet ofrece una solución flexible y accesible que puede automatizar estos cálculos y permitir a los usuarios realizar ajustes y consultas desde cualquier dispositivo móvil. Este proyecto busca desarrollar una herramienta que no solo simplifique el proceso, sino que también garantice que los cálculos se realicen de manera precisa y conforme a la normativa vigente, mejorando así la toma de decisiones y optimizando los recursos operativos en el sector de la construcción. (Sánchez, 2016)

Antecedentes

Diversos estudios han señalado la importancia de considerar múltiples variables para una estimación precisa de los costos operativos. Variables como el tipo de terreno, el clima, la intensidad de uso de la maquinaria, el consumo de combustible y la frecuencia de mantenimiento pueden tener un impacto directo en el costo de operación.

En la última década, la necesidad de optimizar la gestión de maquinaria pesada ha impulsado el desarrollo de sistemas y modelos de cálculo que incluyen estas variables en sus estimaciones. Investigaciones a nivel global han recomendado que las empresas adopten herramientas y métodos que permitan un cálculo flexible y adaptable, reduciendo la dependencia de métodos genéricos que no reflejan las particularidades de cada proyecto.

Importancia y alcances

La implementación de una aplicación para calcular el costo horario de operación de maquinaria pesada tiene una relevancia significativa en sectores donde la maquinaria representa uno de los recursos más valiosos y costosos, como la construcción, minería y transporte.

Determinar de forma precisa estos costos permite a las empresas planificar de manera eficiente sus presupuestos, optimizar el uso de sus activos y tomar decisiones informadas en cuanto a la rentabilidad de sus operaciones.

Delimitación

El presente estudio se llevó a cabo en la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca. Además, este proyecto se delimita a la creación e implementación de una aplicación en la plataforma AppSheet para el cálculo del costo horario de operación de maquinaria pesada, específicamente en la ciudad de Cuenca, Ecuador.

OBJETIVOS

Objetivo General

Desarrollar e implementar una aplicación libre en la plataforma Appsheet, para la determinación del costo horario de operación de maquinaria pesada en la ciudad de Cuenca.

Objetivos específicos

- Revisar el estado del arte sobre las variables influyentes del costo horario de operación de maquinaria pesada a través de consultas en bases de datos nacionales e internacionales.
- Desarrollar el sistema de cálculo utilizando la plataforma Appsheet, integrando variables clave como depreciación y mantenimiento.
- Realizar las pruebas de aplicación mediante la socialización de la plataforma al grupo de investigación en Ingeniería del Transporte GIIT.

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL Y ESTADO DEL ARTE

1.1 COSTO FIJO

El costo fijo se refiere a aquellos gastos que no varían con el nivel de actividad o las horas de operación de un proyecto o proceso de producción. Estos costos se mantienen constantes a lo largo de un período específico, independientemente de los volúmenes de producción, la utilización de recursos o el número de horas de operación de la maquinaria y el equipo. (Berrezueta, 2016)

Ejemplos típicos de costos fijos incluyen:

- Seguro: Los pagos de seguro asociados a maquinaria, instalaciones y empleados son costos fijos, ya que deben cubrirse regularmente para garantizar la protección frente a posibles riesgos sin importar la intensidad de uso de los activos asegurados.
- Almacenamiento: Los costos de almacenamiento o alquiler de instalaciones destinadas a proteger maquinaria, equipos y materias primas son otro ejemplo de costos fijos. Estos gastos se deben pagar periódicamente y no dependen del nivel de producción o del uso de la maquinaria.

1.2 COSTO HORARIO

El costo horario es el cálculo detallado del costo asociado a la operación de una máquina o equipo durante cada hora de trabajo, considerando una serie de factores que influyen directamente en el gasto operativo y en la vida útil de la máquina. (EPMMOP, 2021)

Este costo es un valor clave en la evaluación de proyectos y en la planificación de actividades que involucran el uso intensivo de maquinaria, ya que permite una estimación

precisa de los recursos necesarios y facilita la toma de decisiones en cuanto a la rentabilidad y eficiencia operativa. Los elementos principales considerados en el cálculo del costo horario incluyen:

- **Combustible:** Este factor abarca el consumo de combustible requerido para el funcionamiento de la máquina durante una hora de trabajo. El costo se determina con base en el rendimiento de la máquina (litros por hora) y el precio actual del combustible. La variabilidad en el costo del combustible puede influir significativamente en el costo horario, especialmente en maquinaria que depende de fuentes de energía no renovables. (Chain, 2008)
- **Mantenimiento:** Los costos de mantenimiento representan los gastos necesarios para mantener la máquina en condiciones óptimas de operación, cubriendo tanto el mantenimiento preventivo (revisiones periódicas, reemplazo de piezas menores, ajustes) como el correctivo (reparaciones y reemplazo de componentes dañados). Estos costos se prorratean en función del uso esperado de la máquina, asegurando su disponibilidad y eficiencia en el largo plazo.
- **Depreciación:** La depreciación refleja la pérdida de valor de la máquina con el tiempo debido al desgaste por uso. Este costo se calcula de acuerdo con la vida útil estimada del equipo y su valor de adquisición, dividido por el total de horas de operación esperadas. La depreciación es fundamental para prever el reemplazo de la máquina o su renovación tecnológica en el momento adecuado. (Chain, 2008)
- **Salarios y prestaciones:** Los costos laborales relacionados con la operación de la máquina incluyen los salarios de los operadores, sus prestaciones,

y en algunos casos, los gastos adicionales relacionados con la supervisión o asistencia técnica. Este factor toma en cuenta tanto el salario base como los beneficios legales, como seguro social y horas extras, que incrementan el costo total de cada hora de operación.

- Otros costos variables: Pueden incluir lubricantes, piezas consumibles y otros insumos específicos de la operación que impactan el desempeño y el costo de la máquina por hora.

1.3 MAQUINARIA PESADA

La maquinaria pesada comprende un grupo de equipos de gran dimensión, potencia y rendimiento, creados para ejecutar tareas exigentes en industrias como la construcción, la minería, la agricultura y el desarrollo de infraestructura. Estos equipos son fundamentales en la construcción de obras civiles, ya que permiten ejecutar tareas que serían imposibles o muy lentas de realizar solo con la fuerza humana o con herramientas más pequeñas. (Komatsu, 2022)

A continuación, se detallan algunos de los principales tipos de maquinaria pesada y sus usos específicos:

- Excavadoras: Equipadas con un brazo hidráulico y una pala en la punta, las excavadoras son versátiles para excavar tierra, crear zanjas, manipular materiales y demoler estructuras. Pueden rotar 360 grados, lo cual les proporciona una gran maniobrabilidad en espacios de trabajo restringidos.

Figura 1

Excavadora



Nota: *Ejemplo de excavadora John Deere. Fuente: (Deere, 2024)*

- **Bulldozers:** Son equipos con una cuchilla frontal de gran tamaño, utilizada para empujar grandes cantidades de tierra, rocas o escombros en actividades de nivelación y limpieza de terrenos. Su gran potencia y tracción los hace adecuados para trabajos en terrenos irregulares y en actividades de movimiento de tierra pesado.

Figura 2

Bulldozer



Nota: *Ejemplo de bulldozer. Fuente: (Caterpillar, 2024)*

- Tractores: En la construcción y la agricultura, los tractores se utilizan para labores de arrastre, labranza y carga de materiales. Pueden equiparse con diferentes implementos, como arados, niveladores y remolques, adaptándose a diversas necesidades operativas.

Figura 3

Tractor agrícola



Nota: *Ejemplo de tractor John Deere. Fuente: (Deere, 2024)*

- Retroexcavadoras: Estas máquinas combinan una excavadora en la parte trasera y una pala cargadora en la parte delantera. Son muy utilizadas en trabajos que requieren tanto excavación como manipulación de materiales, especialmente en obras de tamaño medio o en áreas urbanas con espacio limitado.

Figura 4

Retroexcavadora



Nota: Ejemplo de retroexcavadora CAT. Fuente: (Caterpillar, 2024)

- Grúas: Utilizadas para levantar y mover materiales pesados en alturas, las grúas son fundamentales en la construcción de edificios altos, puentes y otras infraestructuras grandes. Existen diferentes tipos, como grúas móviles, grúas torre y grúas telescópicas, cada una adaptada a necesidades específicas de levantamiento y maniobra.

Figura 5

Grúa



Nota: *Ejemplo de grúa. Fuente: (Broderson, 2024)*

- Motoniveladoras: Equipadas con una cuchilla larga en el centro, las motoniveladoras se usan para nivelar y dar forma a superficies, especialmente en la construcción de carreteras y caminos. Son ideales para trabajos de precisión en terrenos que requieren suavidad y uniformidad.

Figura 6

Motoniveladora



Nota: *Ejemplo de motoniveladora CAT. Fuente: (Caterpillar, 2024)*

- Pavimentadoras: Estas máquinas distribuyen y compactan asfalto en la construcción de carreteras, asegurando una aplicación uniforme y la creación de una superficie lisa. Son esenciales para la pavimentación de autopistas, calles y estacionamientos.

Figura 7

Pavimentadora



Nota: *Ejemplo de pavimentadora CAT. Fuente: (Caterpillar, 2024).*

- Rodillos compactadores: Utilizados para compactar superficies, estos equipos aplican peso y vibración para lograr un suelo denso y estable. Son esenciales en la construcción de carreteras y en la preparación de terrenos donde se levantará infraestructura, ya que ayudan a evitar asentamientos futuros. (Komatsu, 2022)

Figura 8

Rodillo compactador



Nota: Ejemplo de rodillo compactador. Fuente: (SDLG, 2024)

1.4 NORMA INEN-ISO 9126

La Norma INEN-ISO 9126, derivada del estándar internacional ISO/IEC 9126, proporciona un marco para evaluar y garantizar la calidad del software. Esta normativa establece un modelo que permite examinar las propiedades que influyen en la calidad del producto, abarcando todas las etapas de su ciclo de vida, desde su desarrollo hasta su mantenimiento.

La norma INEN-ISO 9126 es ampliamente aplicada en la industria de software para establecer criterios uniformes de evaluación y facilitar la comparabilidad y consistencia de productos. (Verity, 2018)

1.5 PLATAFORMA APPSHEET

AppSheet es una plataforma de desarrollo de aplicaciones sin necesidad de programación, que facilita la creación de aplicaciones móviles y web de manera sencilla. Su interfaz visual intuitiva permite a usuarios con distintos niveles de experiencia diseñar, gestionar e implementar aplicaciones sin requerir conocimientos avanzados en codificación. La herramienta se integra con diversas fuentes de datos, como Google Sheets, Excel, SQL y otras bases de datos en la nube. Desde su adquisición por Google en 2020, AppSheet forma parte del ecosistema de Google Cloud, lo que ha optimizado su acceso a servicios y funcionalidades en la nube.

AppSheet permite la integración de dispositivos de diversas fuentes de datos que funcionan como el backend de las aplicaciones, las cuales operan en iOS, Android y en navegadores web. La plataforma emplea un editor basado en el navegador para configurar y personalizar las aplicaciones, ofreciendo una gran variedad de funcionalidades preconfiguradas. Estas funcionalidades incluyen opciones para visualización de datos, captura de información, generación de informes y notificaciones automáticas, lo que facilita el diseño de flujos de trabajo y la automatización de procesos empresariales. (Aragonès, 2020)

1.6. ESTRUCTURA DE COSTOS DE MAQUINARIA PESADA.

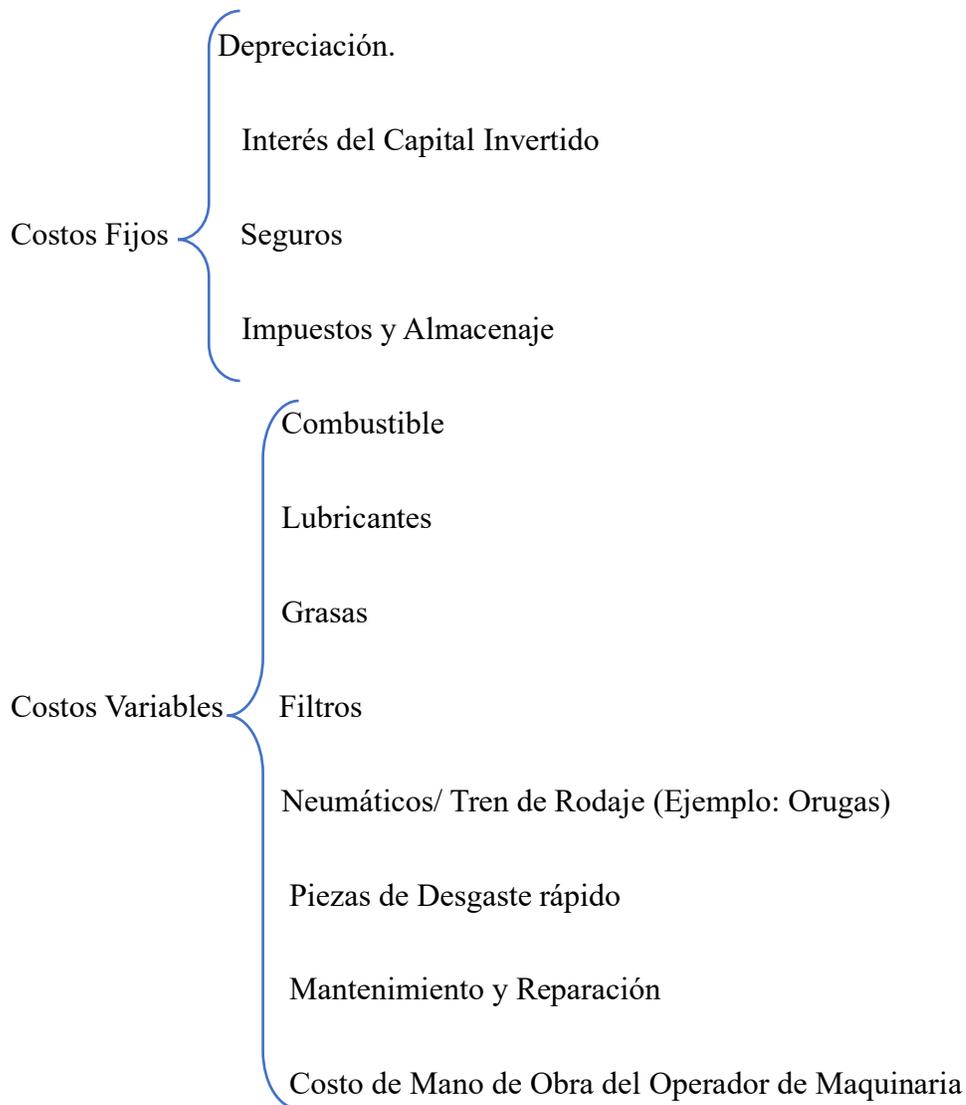
Costos Variables y Costos Fijos.

Costos Fijos.

Son aquellos costos que no cambian durante el periodo de producción de un activo.

Costos Variables.

Son aquellos que varían para cada tipo de maquinaria pesada de acuerdo a la localización y condiciones de trabajo. (Sandoval, 2008)



1.7 DEFINICIÓN DE CÁLCULOS; CON RELACIÓN A COSTO HORA DE MAQUINARIA PESADA.

El cálculo se considera desde los datos de la maquinaria; como, por ejemplo: el costo de la máquina, valor de salvamento (14%) del costo de la máquina, valor del salvamento (resultado del valor porcentaje), años de vida útil. (Sandoval, 2008)

Costos Fijos.

Cálculo de la depreciación por hora.

Pérdida de valor de un equipo a lo largo de su vida útil.

$$D = \frac{C-S}{VEU}$$

D= Depreciación por hora de Trabajo.

C= Costo de Adquisición

S=Valor de Salvamento

VEU=Vida Económica Útil en horas anuales de trabajo (# de años* 2000)

Cálculos de Inversión media.

Se define como el promedio aritmético de los valores registrados en los libros al cierre de cada año, una vez aplicada la depreciación correspondiente a cada periodo. Donde n representa la cantidad de años del proceso de amortización.

$$Ima = \frac{C(n + 1) + S * (n - 1)}{2 * n}$$

Ima=Inversión media anual.

C= Capital (precio de adquisición).

S= Valor Residual (salvamento)

n=Número de años que dure el periodo de amortización.

Interés del Capital Invertido.

Es el interés que se paga por obtener un crédito para adquirir la maquinaria pesada o se contabiliza si se compra al contado.

$$I = \frac{Ima * T(tasa de interes 11,26\%)}{VEU (\# años * 2000)}$$

Cálculo de Impuestos o Seguros.

El seguro va de 2 a 3% pero se recomienda utilizar el 2,5%; se calculan por hora utilizando la siguiente formula:

$$Seguros = 2,5\% \frac{Ima}{2000}$$

El resultado del interés de capital se suma con seguros.

Cálculo de Almacenaje.

El almacenaje se lo puede tener como dato estandarizado o se puede realizar el cálculo con datos o especificaciones técnicas; emitidos en manuales o boletines técnicos para obtener el costo de almacenaje. De la siguiente forma: Se calcula el área de la maquina (alto x ancho).

Figura 9

Dimensiones de la maquinaria pesada

Dimensiones	Cargador de inclinación sencilla			
	Cucharón de uso general de 0,96 m ³ (1,25 yd ³)		Cucharón de uso múltiple de 1,00 m ³ (1,31 yd ³)	
1 Longitud total (cargador en el suelo): brazo estándar	7.141 mm	23' 5"	7.059 mm	23' 2"
Longitud total (cargador en el suelo): brazo extensible	7.147 mm	23' 5"	7.064 mm	23' 2"
Longitud total para el transporte: brazo estándar	7.169 mm	23' 6"	7.133 mm	23' 5"
Longitud total para el transporte: brazo extensible	7.175 mm	23' 6"	7.139 mm	23' 5"
2 Altura total para el transporte: brazo estándar	3.577 mm	11' 9"	3.577 mm	11' 9"
Altura total para el transporte: brazo extensible	3.631 mm	11' 11"	3.631 mm	11' 11"
Ancho total	2.322 mm	7' 7"	2.322 mm	7' 7"
3 Altura hasta la parte superior de la cabina o techo	2.819 mm	9' 3"	2.819 mm	9' 3"
4 Altura hasta la parte superior del tubo de escape vertical	2.744 mm	9' 0"	2.744 mm	9' 0"
Altura hasta el pasador de articulación del cargador (transporte)	381 mm	1' 3"	432 mm	1' 5"
Espacio libre sobre el suelo (mínimo)	294 mm	1' 0"	294 mm	1' 0"
5 Línea de centro del eje trasero hasta la parrilla delantera	2.705 mm	8' 10"	2.705 mm	8' 10"
Distancia entre ruedas delanteras	1.895 mm	6' 3"	1.895 mm	6' 3"
Distancia entre ruedas traseras	1.714 mm	5' 7"	1.714 mm	5' 7"
6 Distancia entre ejes, tracción en 2/4 ruedas	2.200 mm	7' 3"	2.200 mm	7' 3"

Nota: Ejemplo de dimensiones de la Retroexcavadora Cargadora 420. Fuente:

Luego de obtener el resultado en m^2 , se relaciona con el costo por mes del espacio (terreno o lugar) en m^2 , donde se almacena la maquinaria. Se obtiene AG (multiplicando el área que es ocupada por la maquinaria, por el costo de alquiler del espacio en m^2 ; donde por se toma en cuenta las horas laborables que trabaja la maquina al día (8 horas), 40 horas a la semana y 4 semanas al mes (160 horas al mes). Y por último se divide el resultado de AG para las 160 horas; obteniendo el costo de almacenaje.

Entonces el cálculo de los costos fijos son la suma de los cálculos ya mencionados.

Costos Variables. (Carpio, 2017)

Costos de Combustible.

Se considera la cantidad de combustible, el costo en galón o litros en el Ecuador (\$ 1,75) necesario para que la máquina funcione; según la potencia, consumo específico (constante) en litros/CV, tipo de trabajo entre otras.

$$\text{Consumo litros/h} = P * Q * U$$

$$1 \text{ galon} = 3,78 \text{ litros}$$

P=Potencia efectiva del motor en CV

Q= Consumo específico en litros/CV hora (0.18 +/-0,02 litros/CV hora)

U= Factor de utilización entre el 40, 80 y 100% (salvamento)

Lubricantes, cálculo de consumo de litros /h por costo por litro.

Grasas, en una máquina utiliza ½ kilogramo de grasa, para bujes, pasadores y demás elementos mecánicos, además se procede a engrasar cada jornada laboral(cada 8 horas), por lo que se requiere calcular el costo horario de la grasa. Donde 1kg =\$4,5 y $\$4,5/2 = \$2,25$.

$$\text{Costo por hora} = \frac{\$2,25}{8 \text{ horas}} = 0,28$$

Filtros; el costo es igual al 25% del costo del lubricante. Por ejemplo:

$$\text{Costo horario del filtro} = 1,13 * 0.25 = \$0,282$$

Calculo en Neumáticos.

Se lo realiza con una tabla de factores de condiciones de trabajo, carga, velocidades máximas, vida promedio de neumáticos entre otros.

Nota: Factores y Multiplicadores Caterpillar. Fuente:

$$\text{Costo neumáticos} = \frac{\text{Costo del reemplazo}}{\text{Vida estimada del neumático en horas}}$$

Y el resultado se multiplica por el número de neumáticos de la maquinaria.

Tren de Rodaje. (Sandoval, 2008)

Se lo considera de alto desgaste rápido; las cuales se calculan por medio de las tablas de factor básico de acuerdo con el tipo de maquinaria y la tabla de multiplicadores de condiciones (duración potencial del tren de rodaje).

Figura 11

Factores Básicos del Tren de rodaje

Factor Básico del Tren de Rodaje			
Modelo	Factor Básico		
D11R	17.5		
D10R	12		
5230	11		
D9R	9.5		
D8R	8.5		
973, 589, D7LGP, 5130	9		
D7, 963B, 578, D6 LGP, D7 XR	8		
3, 755, 080	6.4		
D6, 953C, 572, D6M LGP, D6 XL, D6 XR	6.2		
350	5.3		
D5M LGP, D6 SR, D6M XL, D4 TSK, 527	5		
330B	4.4		
D3C (todos), D4C (todos), D5C (todos), 933 (todos), 939, 561H	3.7		
325B	3.4		
315, 317, 320B, 322B	3		
D4 SR	2.5		
307 311B, 312B	2.2		
Multiplicadores De Condiciones			
	Impacto	Abrasión	"Z"
Alto	0.3	0.4	1
Moderado	0.2	0.2	0.5
Bajo	0.1	0.1	0.2

Nota: Factores de rendimiento Caterpillar. Fuente: (Caterpillar, 2024)

Tren de Rodaje

= Factor Basico

** (Suma de Multiplicadores de condiciones de Impacto, Abrasion , Factor Z)*

Cálculo de Piezas de Desgaste rápido.

El cálculo se realiza en relación con el costo beneficio o costo promedio anual, con respecto a su depreciación, vida útil.

$$CPA = \frac{DA + MA}{t}$$

CPA= Costo Promedio Anual

DA= Depreciación Acumulada

MA= Mantenimiento acumulado

t= Periodo en años

O también se calcula con esta fórmula:

$$\text{Costo horario de desgaste} = \frac{\text{Costo de reemplazo}}{\text{Vida estimada de piezas de desgaste rapido en horas}}$$

Cálculo de Mantenimiento y Reparación.

El costo es relacionado con tablas de factores, temperatura, calidad del equipo, tipo de servicio entre otros que sumados dan un coeficiente.

Figura 12

Factores Básicos del Tren de rodaje

Tipo de Equipo	Factor
Hormigoneras todo tipo	0.5
Distribuidoras de piedra	0.5
Rodillos compactadores estáticos	0.5
Grúas giratorias	0.5
Compresores de aire	0.8
Camiones volquetes estándar	0.8
Distribuidores de asfalto	0.9
Usinas de asfalto o trituración	0.9
Excavadoras dragalinas o de cucharón de almeja	0.9
Rodillos neumáticos autopropulsados	0.9
Palas brazo de ataque o retroexcavadora	1
Camiones fuera de carretera	1
Moto niveladora	1
Cargadoras frontales de 4 ruedas motrices	1

Traíllas de todo tipo	1.1
Compactadores vibratorios	1.1
Topadores sobre orugas	1.2
Cargadoras frontales de orugas	1.4
Cargadora frontal de 2 ruedas motrices	1.6
Tractor de orugas con escarificador	2.5
Horas Totales de Uso	Factor
1000	0.5
2000	0.5
3000	0.6
4000	0.7
5000	0.9
6000	1
8000	1.3
10000	1.6
12000	1.9
16000	2.3
20000	3
Años de vida útil	Factor
1	0.6
2	0.7
3	0.8
4	0.9
5	1

6	1
7	1.1
8	1.2
9	1.3
10	1.4
15	2
Temperatura Fahrenheit	Factor
Muy caliente mas de 100° (38°C)	1.3
Caliente, de 85° a 90° (30 a 32°C)	1.1
Normal de 32° a 84° (0° a 30°C)	1
Fría, de 0° a 31° (-17° a 0°C)	1.2
Muy fría, bajo 0° (<-17°C)	2
Condiciones de Trabajo	Factor
Principalmente de reserva	0.4
Ligeras	0.8
Promedio	1
Pesadas	1.4
Duras	2
Mantenimiento	Factor
Excelente	0.6
Bueno	0.8
Promedio	1
Malo	1.5
Ninguno	3

Tipo de Servicio	Factor
De mina de explotación grande	0.5
De pequeña explotación	0.8
De contratista	1
Alquiler a terceros	1.4
Operador	Factor
Excepcional	0.8
Bueno	0.9
Promedio	1
Brusco	1.2
Aprendiz	2
Experiencia	Factor
Excelente	0.6
Buena	0.8
Promedio	1
Escasa	1.5
Calidad del equipo	Factor
Superior	0.8
Promedio	1
Mala	1.5
Presión del Trabajo	Factor
Holgada	0.9
Promedio	1
Prisa desesperada	1.5

Nota: Factores de construcción y reparación. Fuente:

$$\text{Costo horario de desgaste} = \frac{\text{Coeficiente} * \text{Costo de la maquinaria}}{\text{Promedio en horas utiles}}$$

Costo de Mano de Obra del Operador de Maquinaria. (Sandoval, 2008)

El cálculo se lleva a cabo considerando el salario mínimo básico en Ecuador para el año 2025, fijado en \$470 mensuales. La remuneración varía según la complejidad de la operación y el tiempo de uso de la maquinaria, pagando únicamente por cada hora efectiva de funcionamiento del equipo.

Factores de calculo que intervienen en la mano de obra del operador de maquinaria.

Se considera los siguientes precios unitarios:

- Salario:

Salario Base.

Primas de todo tipo. (comisiones)

Horas extraordinarias.

- Cargas Sociales.

- Otras compensaciones.

Desplazamientos.

Plus de peligrosidad.

- Gastos Accesorios.

Alojamiento.

Alimentación.

Transporte.

Calefacción

- Otros gastos accesorios.

El cálculo del salario por hora se obtiene dividiendo el sueldo mensual entre 160 horas laborales al mes, es decir: (Sueldo mensual / 160 horas). Además, se consideran los beneficios de ley, entre ellos el salario base de \$470, así como los aportes al IESS, que en el sector privado corresponden al 9,45% para el trabajador y al 11,15% para el empleador.

Beneficios adicionales:

- Décimo Tercer Sueldo: Se calcula sumando todos los ingresos percibidos por concepto de remuneración básica, horas extras, comisiones y bonificaciones en el periodo comprendido entre el 1 de diciembre del año anterior y el 30 de noviembre del año en curso. El monto resultante se divide entre 12 y debe ser pagado al trabajador hasta el 24 de diciembre.
- Décimo Cuarto Sueldo: Es un beneficio destinado a apoyar con los gastos escolares, cuyo periodo de cálculo varía según la región. En la Sierra y la Amazonía, se toma en cuenta el periodo del 1 de agosto al 31 de julio del año siguiente, y el pago debe realizarse hasta el 15 de agosto. En la Costa y Galápagos, el cálculo abarca del 1 de marzo al 28 de febrero del año siguiente, con una fecha límite de pago hasta el 15 de marzo.
- Fondo de Reserva: Se otorga a los trabajadores que han cumplido al menos un año de servicio. El empleador realiza un aporte mensual equivalente al 8,33% de la remuneración del trabajador, depositado en el IESS.

- Ropa de Trabajo: El trabajador o empleado recibe al año ropa de trabajo de acuerdo con su labor.
- Alimentación: Se paga un bono mensual o se dispone de comedores en las empresas; el valor aproximado es de \$ 2,50, (de un almuerzo).
- Jornada Nocturna: Es un pago de jornada ordinaria con un recargo del 25% desde las 19:00 a las 06:00 del día siguiente (8 horas diarias).
- Horas Suplementarias: Son las horas trabajadas posteriores a la jornada ordinaria (máximo de 4 horas al día y 12 a la semana); con recargo del 50 % hasta las 24:00 y 100% desde la 01:00 a 06:00.
- Vacaciones laborales remuneradas: tendrá derecho el trabajador en el sector privado a 15 días de vacación anualmente, incluidos los días no laborables y tendrán un día de vacación adicional por cada uno de los años excedentes hasta el tope de los 15 días; si el trabajador ha prestado sus servicios más de cinco años.

1.8 Tipos de Amortización.

Métodos de Amortización. (Jimeno, 2013)

Método Lineal. (A)

Se relaciona con el periodo de amortización, precio de adquisición, valor residual, entre otros.

$$A = \frac{\text{Precio de Adquisición} - \text{Valor Residual} - \text{Valor neumaticos}}{\text{Años de vida}}$$

El activo se desprecia en la misma cantidad de año, el valor en libras después de "t" años de servicio:

$$B = (\text{Precio} - A) * \text{tiempo}$$

2. DESARROLLO DEL SISTEMA DE CÁLCULO UTILIZANDO LA PLATAFORMA APPSHEET

El uso de sistemas automatizados para el cálculo es cada vez más importante en distintos sectores técnicos e industriales, ya que contribuye a optimizar procesos, aumentar la eficiencia y minimizar errores derivados de procedimientos manuales. En este sentido, AppSheet surge como una solución innovadora que permite desarrollar aplicaciones personalizadas sin requerir conocimientos avanzados de programación. Gracias a su enfoque low-code, los usuarios pueden crear y desplegar herramientas funcionales de forma ágil, incorporando bases de datos, flujos de trabajo y funciones analíticas dentro de una misma plataforma.

Este capítulo se basa en el desarrollo de un sistema de cálculo utilizando AppSheet, con el propósito de resolver necesidades específicas dentro del ámbito técnico de la maquinaria pesada. La plataforma será configurada para procesar datos, generar reportes automáticos y ofrecer interfaces intuitivas para los usuarios finales. Este sistema buscará no solo automatizar cálculos complejos, sino también garantizar la accesibilidad y usabilidad de las herramientas desarrolladas, permitiendo su implementación en dispositivos móviles y de escritorio.

La elección de AppSheet responde a su capacidad para integrarse con herramientas de almacenamiento en la nube como Google Sheets, Excel y otras plataformas populares. Esto facilita la colaboración en tiempo real y asegura la escalabilidad del sistema, adaptándose a los requerimientos cambiantes del mercado.

2.1 SELECCIÓN DE VARIABLES INICIALES

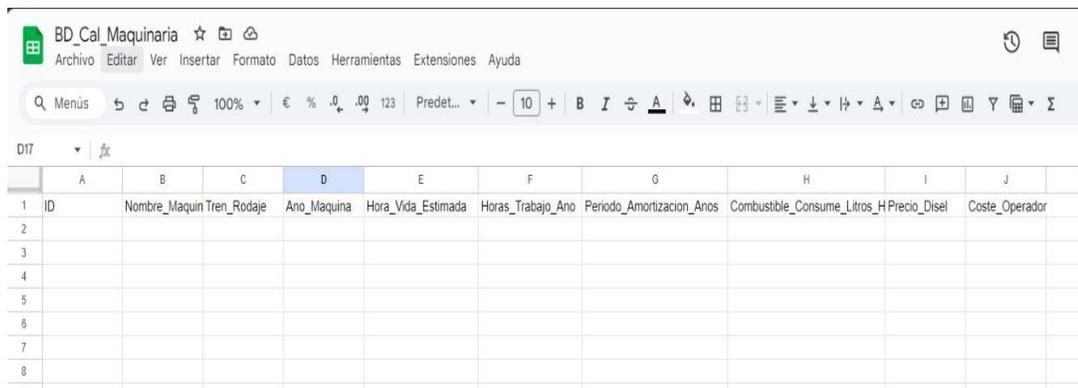
La selección de variables iniciales es una etapa fundamental en el desarrollo de sistemas de cálculo, ya que define los parámetros clave que serán utilizados para estructurar el modelo

y realizar los cálculos necesarios. En esta fase, se identifican y priorizan las variables críticas en función de los objetivos del sistema, asegurando su relevancia y precisión para resolver el problema planteado.

A continuación, se evidencia las principales variables que fueron tomadas en cuenta como datos fundamentales para el desarrollo de los cálculos pertinentes:

Figura 13

Variables principales



The image shows a screenshot of a spreadsheet application window titled "BD_Cal_Maquinaria". The spreadsheet has columns labeled A through J. The data in the first row is as follows:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	ID	Nombre_Maquin	Tren_Rodaje	Ano_Maquina	Hora_Vida_Estimada	Horas_Trabajo_Ano	Periodo_Amortizacion_Anos	Combustible_Consume_Litros_H	Precio_Disel	Coste_Operador
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										

Nota: Consideración de variables principales para el desarrollo de los cálculos de costo horario de maquinaria. Fuente: Autores.

Entre estas variables se describen las siguientes cargas directas:

- Nombre de la maquina: Permite la identificación y registro específico de cada equipo.
- Tren de rodaje: Característica técnica relevante para evaluar el estado y desempeño del equipo.
- Año de la maquina: Indicador clave para estimar antigüedad y posibles costos asociados al desgaste.

- Vida estimada: Duración esperada del equipo bajo condiciones normales de operación.
- Horas de trabajo: Tiempo acumulado de operación del equipo, indispensable para evaluar su uso y desgaste.
- Periodo de amortización: Plazo en el cual se recuperará la inversión realizada en el equipo.
- Consumo de combustible (L): Cantidad de combustible consumido por hora o por unidad de operación.
- Precio combustible (Diesel): Costo unitario del combustible, necesario para calcular los costos operativos.
- Costo operador: Gasto asociado a la operación del equipo, considerando salarios y otros costos laborales.

A continuación; se presenta una serie de variables indirectas que afectan el cálculo del costo horario de una maquinaria:

- Lubricantes, grasas y filtros: Son esenciales para el mantenimiento de la maquinaria, asegurando un funcionamiento eficiente. Su costo se calcula por hora según la frecuencia de reemplazo y el precio de los insumos.
- Reparaciones: Incluyen los costos de mantenimiento correctivo y preventivo, como repuestos y mano de obra. Se estiman como un porcentaje del costo inicial de la máquina distribuido en su vida útil.
- Costo de neumáticos: Abarca el precio de compra y el desgaste de neumáticos, calculado según su vida útil en horas de operación. Es más relevante en maquinaria con ruedas.

- Costo horario total: Es la suma de todos los costos operativos (directos e indirectos), usado como referencia para presupuestos y tarifas de alquiler.
- Ganancia de la empresa: Es el margen adicional sobre el costo horario total que asegura la rentabilidad de la operación. Se determina como un porcentaje del costo total.

2.2 SELECCIÓN DE APLICACIÓN APPSHEET

La elección de AppSheet como plataforma para el desarrollo de la aplicación se fundamenta en su capacidad para crear soluciones rápidas, personalizables y sin necesidad de programación avanzada.

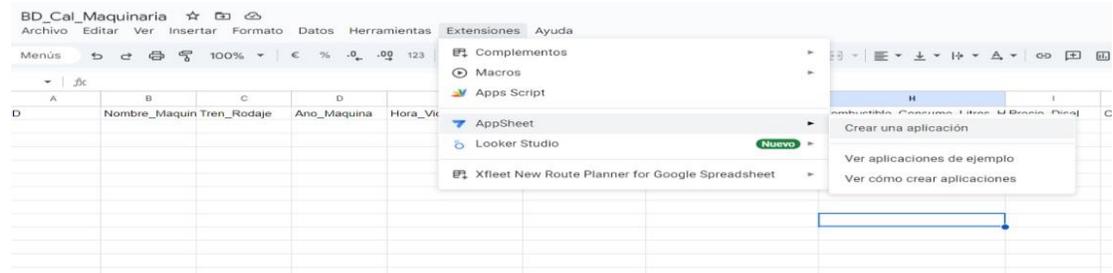
Esta herramienta permite diseñar aplicaciones móviles y web de manera eficiente, utilizando bases de datos accesibles como Google Sheets, Excel o SQL, lo que la convierte en una opción ideal para proyectos técnicos enfocados en la automatización de cálculos complejos, como el costo horario de maquinaria pesada.

Además, su interfaz intuitiva y su compatibilidad multiplataforma garantizan una experiencia accesible para los usuarios, contribuyendo a la optimización de procesos en el sector de la construcción.

A continuación, se presenta una imagen en donde se evidencia como acceder a la plataforma Appsheet donde se desarrolla el proceso de desarrollo de cálculos de los costos horarios de maquinaria pesada.

Figura 14

Introducción a la plataforma Appsheet

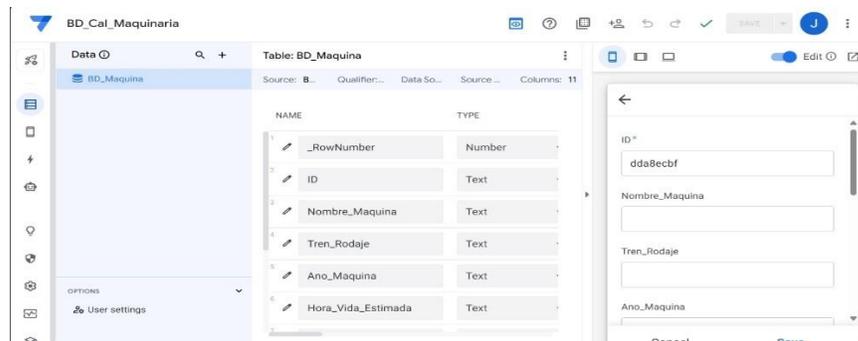


Nota: Creación de la aplicación de cálculo de costos operarios de maquinaria pesada a través de la plataforma Appsheet. Fuente: Autores.

2.3 CONFIGURACIÓN DE BASE DE DATOS.

Figura 15

Bases de datos



Nota: Creación y configuración de bases de datos en la plataforma Appsheet para el desarrollo de los cálculos pertinentes.

La imagen muestra la configuración de una base de datos en la plataforma AppSheet, específicamente la tabla llamada BD_Maquina. En el lado izquierdo se observa la lista de datos (fuentes y tablas), mientras que en el centro se detalla la estructura de las columnas de la tabla.

Elementos principales:

2.4 COLUMNAS DE LA TABLA BD_MAQUINA:

- Cada columna tiene un nombre (e.g., ID, Nombre_Maquina, Tren_Rodaje, etc.) y un tipo de dato asociado (e.g., Texto, Número).
- Estas columnas representan los atributos relacionados con la maquinaria, como:
 - ID: Identificador único de la máquina.
 - Nombre_Maquina: Nombre o descripción de la maquinaria.
 - Tren_Rodaje: Información relacionada con el sistema de rodaje de la máquina.
 - Ano_Maquina: Año de fabricación de la máquina.
 - Hora_Vida_Estimada: Estimación de las horas de vida útil de la máquina.

Vista de formulario a la derecha:

- Presenta una interfaz para ingresar o editar los datos de cada registro en la tabla.

- Por ejemplo, se muestra un formulario con campos como ID, Nombre_Maquina, Tren_Rodaje, etc.

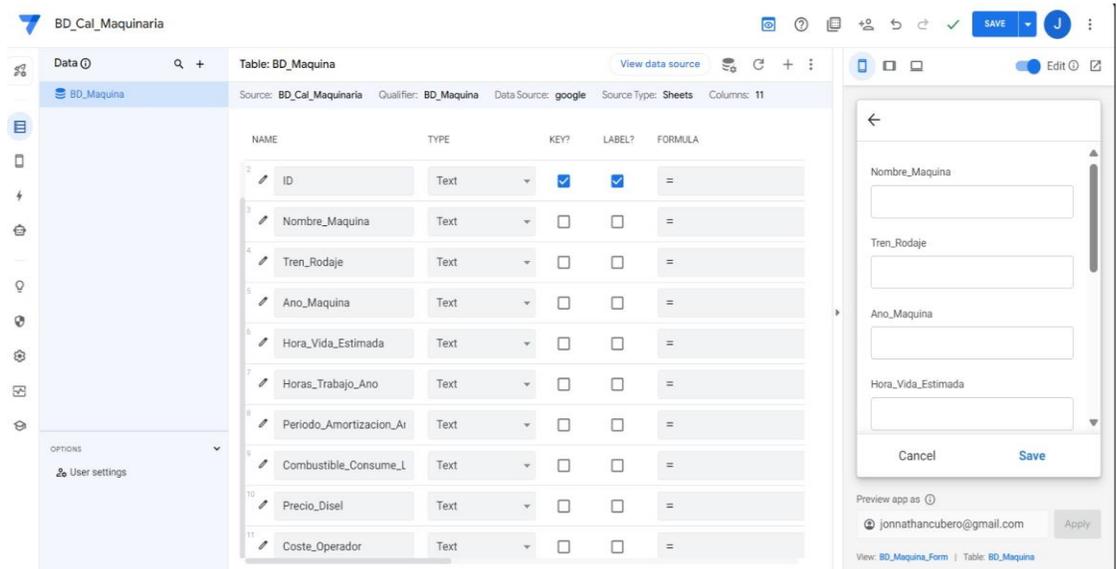
Propósito de la configuración:

- Se está preparando una aplicación que permite gestionar información sobre maquinaria, integrando datos esenciales para su operación y costos.
- Este diseño facilita la captura y almacenamiento de datos de forma estructurada y accesible para el usuario.

2.5 PROCESO DE CREACIÓN DE INTERFAZ DE LA APLICACIÓN

Figura 16

Creación de interfaz



Nota: En la imagen se observa la creación de las distintas variables dentro de la plataforma

Appsheet. Fuente: Autores.

Se procede a configurar una interfaz de Google AppSheet, una plataforma de desarrollo de aplicaciones sin código. En la captura, se está configurando una tabla llamada BD_Maquina, que pertenece a una base de datos denominada BD_Cal_Maquinaria. Esta tabla parece estar vinculada a una fuente de datos de Google Sheets.

2.6 COLUMNAS DE LA TABLA:

- La tabla incluye las siguientes columnas:

NOMBRE	TIPO
▪ _RowNumber	Número
▪ ID	Texto
▪ Img_Maquina	Imagen
▪ Modelo_Maquina	Texto
▪ Tren_Rodaje	Texto
▪ Ano_Maquina	Enum
▪ Precio_Adquisicion_Maquina	Texto
▪ Hora_Vida_Estimada	Decimal
▪ Horas_Trabajo_Ano	Decimal
▪ Periodo_Amortizacion_Ano	Decimal
▪ HP_Maquina	Numero

- Potencia_Neta_CV_Maquina Decimal
- Combustible_Consume_Litros_Hora Decimal
- Precio_Disel Decimal
- Porcentaje_Grasas_Filtro Decimal
- Coste_Operador Decimal
- Porcentaje_Ganancia_Empresa Decimal
- Valor_Residual_Reventa Decimal
- Valor_Tren_Rodaje Decimal
- Inversión_Media Decimal
- Suma_Amortizar Decimal
- Amortizacion_Lineal Decimal
- Cargas_Indirectas Decimal
- Costo_Horario_Total_Propiedad Decimal
- Valor_Reparaciones Decimal
- Costo_Horario_Total_Operaciones Decimal
- Costo_Neumáticos Decimal
- Costo_Horario_Total Decimal
- Costo_Horario_Total_Ganancias Decimal

- Vida_Util_TrenRodaje_Horas Número
- Interés_Capital Número
- Seguros Número
- Total_Interes_Seguro Número

- Las columnas configuradas como **Number** son aquellas a las que se debe ingresar un dato en forma numérica

- Las columnas configuradas como **Text** son aquellas a las cuales se deben ingresar un dato en formato texto.

- Las columnas configuradas como **Decimal** son aquellas a las cuales son calculadas matemáticamente a partir de los datos ingresados en las columnas con formato **Number**.

- La columna **ID** está marcada como clave primaria ("Key").

Edición de formulario:

- A la derecha, se muestra el diseño del formulario asociado a esta tabla. El formulario permite a los usuarios ingresar valores para los campos como Nombre_Maquina, Tren_Rodaje, etc.

Vista previa y configuración:

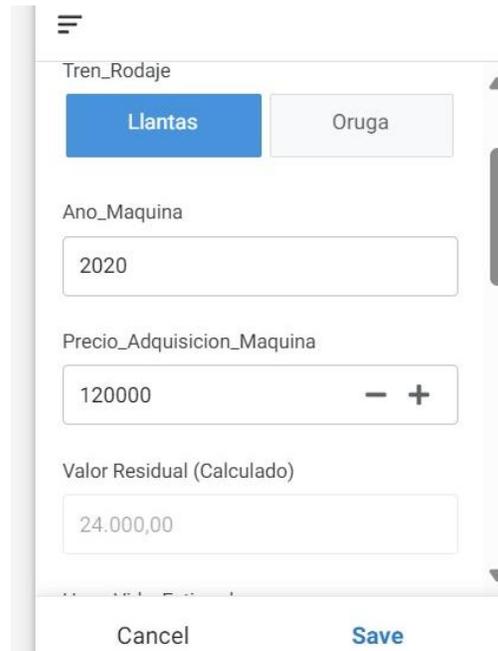
- La parte inferior derecha muestra una opción para previsualizar cómo se verá la aplicación, con el usuario configurado como un correo electrónico específico.

- Hay botones para cancelar o guardar los cambios en los datos ingresados.

2.7 INGRESO DE DATOS PARA CALCULAR LOS COSTOS HORARIOS

Figura 17

Ingreso de datos



The screenshot shows a mobile application interface for data entry. At the top, there is a hamburger menu icon. Below it, the title 'Tren_Rodaje' is displayed. There are two buttons: 'Llantas' (highlighted in blue) and 'Oruga'. Below these buttons, there are four input fields: 'Ano_Maquina' with the value '2020', 'Precio_Adquisicion_Maquina' with the value '120000' and minus/plus controls, and 'Valor Residual (Calculado)' with the value '24.000,00'. At the bottom, there are 'Cancel' and 'Save' buttons.

Nota: Ingreso de datos dentro de la aplicación de cálculo. Fuente: Autores.

2.8 REGLAS DE VALIDACIÓN

Las reglas de validación se implementan para verificar que los datos ingresados cumplan con ciertos criterios o límites establecidos. Esto previene errores humanos y asegura la calidad de los datos.

- Límites en los valores permitidos

Descripción: Establecer rangos de valores posibles para cada campo según criterios lógicos y técnicos.

Ejemplos:

- Precios: Los costos o valores ingresados deben ser mayores a cero.
- Año de fabricación: No puede ser posterior al año actual.
- Consumo de combustible: Debe estar dentro del rango esperado para el tipo de máquina.

- Herramientas para implementación:

- Validación en hojas de cálculo (como Excel o Google Sheets): Configurar reglas de validación de datos.

- Formularios digitales (como AppSheet): Configurar condiciones para permitir solo ciertos valores.

- Validación obligatoria de campos

Descripción: Asegurarse de que todos los campos requeridos sean completados antes de aceptar el formulario.

- Beneficios:

- Previene registros incompletos.
- Garantiza que no falte información esencial para los cálculos.

- Implementación:

- Marcar campos como "obligatorios" en aplicaciones de ingreso de datos.
- Agregar mensajes de error para notificar al usuario si deja un campo vacío.
- Coherencia entre campos relacionados

Descripción: Verificar que los datos ingresados sean lógicos en relación con otros campos.

Ejemplos:

- Si las horas de trabajo anuales son muy altas, debe haber un consumo de combustible acorde.
- Si el valor residual de la máquina es alto, su antigüedad debería ser baja.
- Implementación:
 - Crear reglas o cálculos automáticos para verificar relaciones entre datos.

2.9 BENEFICIOS DE UN SISTEMA ESTRUCTURADO DE INGRESO DE DATOS

Un sistema estructurado y validado no solo reduce los errores, sino que también optimiza la operación general del proceso.

A continuación, se detallan los beneficios clave:

- **Reducción de errores**

Cómo se logra:

- Implementando reglas de validación estrictas.
- Automatizando cálculos y derivación de datos.

Impacto:

- Menor cantidad de datos erróneos o inconsistentes en los análisis.
- Evita tomar decisiones basadas en información incorrecta.

- **Eficiencia operativa**

Cómo se logra:

- Uso de plataformas digitales que simplifiquen el ingreso y validación de datos.
- Integración con sensores para capturar información en tiempo real.

Impacto:

- Ahorro de tiempo en la recopilación y validación de información.
- Mayor productividad del equipo encargado.

- **Toma de decisiones informadas**

Cómo se logra:

- Acceso a datos confiables, completos y actualizados.
- Creación de reportes automatizados para análisis.

Impacto:

- Mejores decisiones en términos de mantenimiento, adquisición o reemplazo de maquinaria.
- Optimización de recursos financieros y operativos.

2.10 INTERFAZ PRINCIPAL PARA INGRESO DE MAQUINARIA

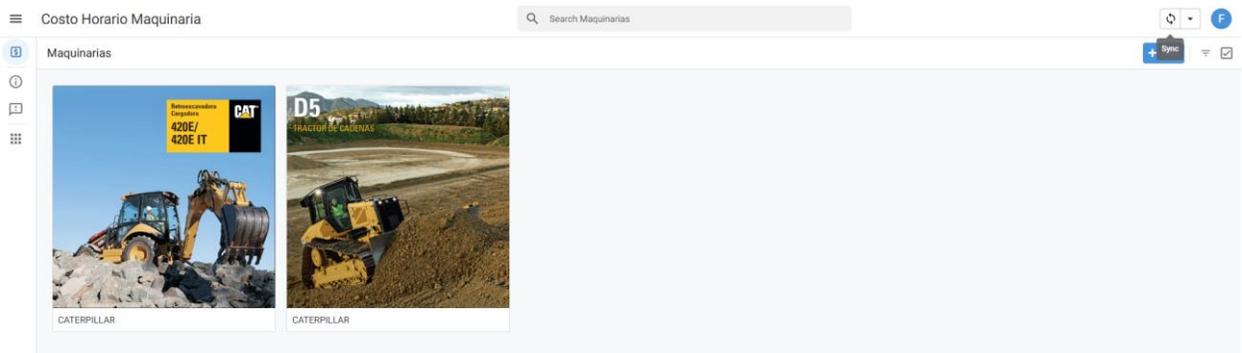
La interfaz principal de un sistema de gestión de maquinaria es el punto central desde el cual los usuarios pueden registrar y gestionar la información de sus equipos. En este caso, la interfaz incluye opciones para ingresar nuevas máquinas, visualizar el listado actual de equipos registrados, y acceder a detalles específicos de cada máquina.

Características de la Interfaz

- Visualización de datos actuales:
 - La pantalla muestra un listado de las máquinas ya registradas. En este ejemplo, se observa únicamente una máquina ingresada llamada "Maquinaria 1."
 - Cada registro incluye información básica como el nombre de la máquina, su ID, y posiblemente campos adicionales, como el año de fabricación o estado operativo.

Figura 18

Interfaz principal

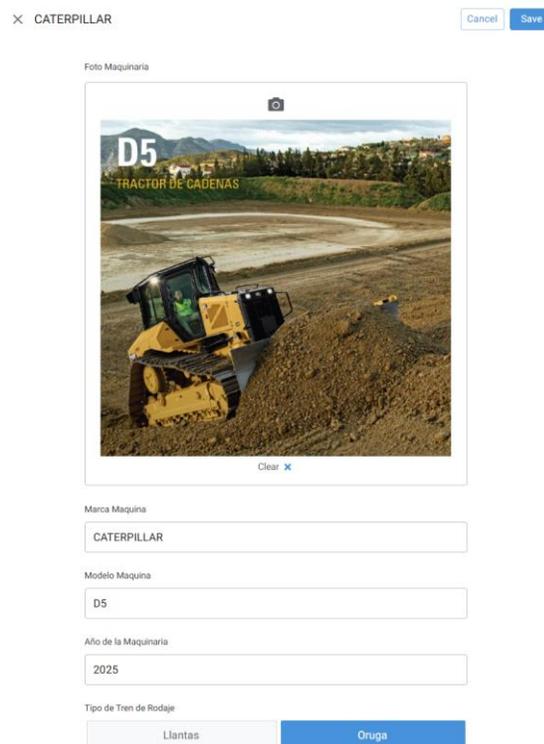


Nota: En la imagen se observa la interfaz o página principal de la aplicación. Fuente: Autores.

- Botón de "Add" (Agregar):
 - Este botón permite a los usuarios registrar una nueva máquina en el sistema.
 - Al hacer clic en "Add," se despliega un formulario estructurado que solicita datos específicos como:
 - Nombre de la máquina (obligatorio para identificar el equipo).

Figura 19

Ingreso de nueva maquina



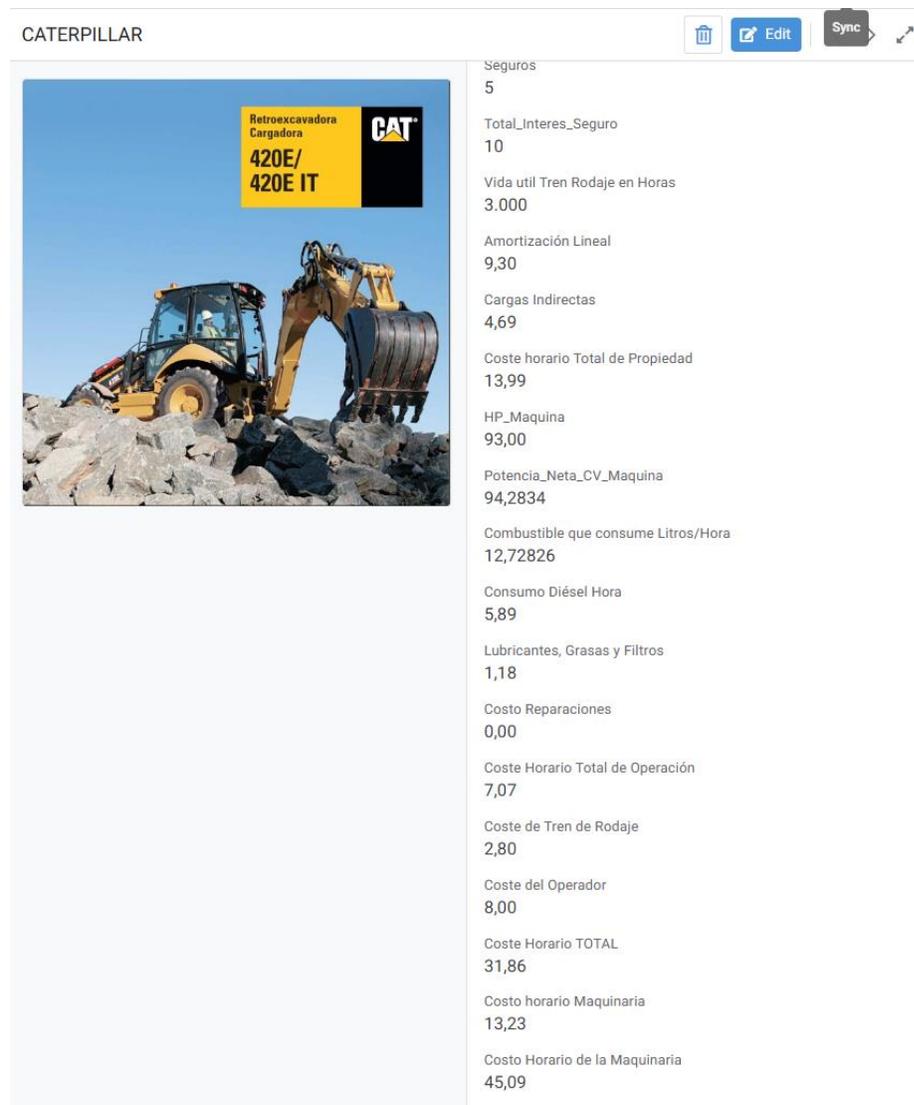
The screenshot shows a web form for adding a new machine. The form is titled "CATERPILLAR" and has a "Cancel" button and a "Save" button. The form includes a photo upload section labeled "Foto Maquinaria" with a camera icon and a "Clear" button. Below the photo section are text input fields for "Marca Maquina" (CATERPILLAR), "Modelo Maquina" (D5), and "Año de la Maquinaria" (2025). At the bottom, there are radio buttons for "Llantas" and "Oruga", with "Oruga" selected.

Nota: En la imagen se observa el formulario que se despliega para colocar los valores de la maquina a calcular su costo operativo.

- Tren de rodaje, año de fabricación, horas de vida estimada, y otros campos necesarios para calcular los costos horarios.
- Validación automática para asegurar que los datos ingresados cumplan con los estándares definidos.

Figura 20

Datos calculados de la maquinaria



Nota: Resultado del Costo Horario de la Maquinaria en dólares americanos.

3. DESARROLLO DEL SISTEMA DE CÁLCULO UTILIZANDO LA PLATAFORMA APPSHEET

Una vez lista y funcional la aplicación Appsheet para el cálculo del Costo horario de Maquinaria Pesada podemos calcular ejemplos con diferentes tipos de Maquinarias; entonces dicho resultado se comparó con una hoja de cálculo en Excel siguiendo los lineamientos de la metodología usada en la materia de Maquinaria Pesada de los estudiantes de octavo nivel de la UPS.

3.1 GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA DEL TRANSPORTE - GIIT

El Grupo de Investigación en Ingeniería del Transporte (GIIT) tiene como objetivo principal impulsar la investigación en el ámbito del transporte y la maquinaria pesada, generando un impacto positivo en la sociedad y en el sector productivo. El grupo se enfoca en desarrollar y promover conocimiento innovador en el campo de la ingeniería aplicada, con especial énfasis en la optimización, operación y mantenimiento de maquinaria pesada utilizada en sectores clave como la construcción, minería e infraestructura.

Figura 21

Grupo de investigación en ingeniería del transporte - GIIT



GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA DEL TRANSPORTE - GIIT

Nota: Docentes y miembros del grupo de investigación en ingeniería del transporte GIIT

UPS Cuenca. Fuente: UPS.

3.2 DESARROLLO DE UN MODELO DE CALCULO

El siguiente modelo se toma como ejemplo; relacionando las fórmulas de costo hora de maquinaria pesada; que posteriormente serán usadas en la plataforma Appsheet.

Datos empleados para el cálculo.

1. Creación o ingreso del modelo de maquinaria en la app
2. Escogemos la app debe dar entre 2 opciones a escoger si es de llantas o de oruga
3. Año de la maquinaria 2020
4. Precio de adquisición de la maquinaria \$120.000

5. Valor residual o de reventa 20% (este dato debe ser calculado con formula es el 20% del precio de adquisición)

$$\$120.000 \times 20\% = \$24.000$$

6. Valor del tren de rodaje (si el modelo de maquinaria es de llantas se debe calcular que el valor de las llantas representa el 5.6% del precio de adquisición, y si el modelo es de oruga de debe calcular que el valor de el tren de rodaje es el 12% del precio de adquisición) en este ejemplo la maquinaria es de llantas

$$\$120.000 \times 5,6\% = \$6.720$$

SUMA A AMORTIZAR (este valor debe ser calculado restando el precio de adquisición menos el valor residual menos el valor de los neumáticos) \$90.000

$$\$120.000 - \$24.000 - \$6.720 = \$89.280$$

Condiciones de trabajo:

Horas de vida estimada hasta sustitución por venta o desecho: 12.000

Número de horas de trabajo al año: 1.920

Periodo de amortización en años (n): 5

Inversión media

$$Im = \frac{\text{Precio de adquisicion } (n+1)}{2n} = \frac{\$120.000 \times 6}{2 \times 5} = 72.000$$

$n = \text{numero de años de amortizacion (5)}$

Cargas indirectas:

Interés del capital:	5%
Seguros:	<u>5%</u>
TOTAL:	10%

Estimación de reparaciones, incluyendo mano de obra y recambios, por averías y mantenimiento expresado en % del precio de adquisición: 60%

3.3 COSTE DE PROPIEDAD

Coste de Inversión:

Amortización lineal: (dividimos el valor de la suma a amortizar entre el número de horas de vida estimada de la maquinaria)

$$\frac{\text{Suma a amortizar}}{\text{Numero de horas de vida estimada}} = \frac{90.000}{12.000} = \$7,50$$

Cargas indirectas: (dividimos el valor de la inversión media anual entre el número de horas de trabajo al año de la maquinaria)

$$\frac{\text{Inversion media anual}}{\text{Numero de horas de trabajo año}} \times \frac{10}{100} = \frac{72.000}{1.920} \times \frac{10}{100} = \$3,75$$

3.4 COSTE HORARIO TOTAL DE PROPIEDAD

Es la suma de la amortización lineal más las cargas indirectas:

$$\$7,50 + \$3,75 = \$11,25$$

3.5 COSTE DE OPERACIÓN

Combustible que consume en litros por hora:(este valor se calcula multiplicando los CV este dato de la maquinaria está en las especificaciones)

$$177,42 \times 0,18 \times 75\% = 23,9517$$

Precio del diésel en dólares por litro en Ecuador: 4,46

$$23,95 \frac{\text{litros}}{\text{hora}} \times 4,46 \frac{\$}{\text{litro}} = \$11,09$$

Lubricantes, grasas y filtros:

20% del combustible (debe ser calculado del valor del combustible)

$$\$11,09 \times 20\% = \$2,22$$

Reparaciones: (este valor debe ser calculado)

$$\frac{\text{Valor de adquisicion} - \text{Valor de neumaticos}}{\text{Horas de vida}} \times \frac{60}{100} =$$

$$\frac{\$120.000 - \$6.720}{12.000} \times \frac{60}{100} = \$5,66$$

3.6 COSTE HORARIO TOTAL DE OPERACIÓN

Este valor es la suma del COSTO HORARIO TOTAL DE PROPIEDAD, más combustible, lubricantes y reparaciones

$$\$11,09 + \$2,22 + \$5,66 = \$18,97$$

3.7 COSTE DE NEUMATICOS

Este valor es la división del valor de los neumáticos entre la vida útil de los neumáticos

$$\frac{\text{Valor de los neumaticos}}{\text{Vida util de los neumaticos}} = \frac{\$6.720}{3.000} = \$2$$

3.8 COSTE DEL OPERADOR

Este valor es una constante: \$8

3.9 COSTE HORARIO TOTAL

Este valor es suma el COSTE HORARIO TOTAL DE LA PROPIEDAD más el COSTE HORARIO TOTAL DE OPERACIÓN más el COSTE DE NEUMATICOS y más el COSTE DEL OPERADOR

$$\$11,19 + \$18,97 + \$2,24 + \$8 = \$40,40$$

GANANCIA DE LA EMPRESA (este valor es una constante del 25% y es calculado del COSTO HORARIO TOTAL)

$$\$40,40 \times 25\% = \$10,10$$

3.10 COSTO HORARIO DE LA MAQUINARIA

Este valor se calcula sumando el costo horario total más la ganancia de la empresa

$$\$40,40 + \$10,10 = \$50,50$$

Para el cálculo que haremos en la plataforma Appsheet ingresaremos solo los datos a continuación todos los demás valores serán calculados por la aplicación.

- Imagen referencial de la maquinaria (opcional)

- Marca de la maquinaria
- Modelo de la maquinaria
- Año de la maquinaria
- Tipo del tren de rodaje (escogemos entre las opciones llantas u oruga)
- Periodo de amortización en años (5, 10, 15, etc.)
- Hp de la maquinaria

3.10 MATERIAL PARTICULADO (PM)

Ejemplo 1

Figura 22

Aplicación de la plataforma Appsheet para una máquina de llantas



Nota: Retroexcavadora. Fuente: (Caterpillar, 2024)

Figura 23

Ingresos iniciales para cálculos

Marca Maquina	
CATERPILLAR	
Modelo Maquina	
420E	
Año de la Maquinaria	
2024	
Tipo de Tren de Rodaje	
Llantas	
Precio de adquisición de la Maquina	
150.000,00	
Valor Residual o de Reventa	
30.000,00	
Valor del Tren de Rodaje (Llantas/Oruga)	
8.400,00	
Suma a Amortizar	
111.600,00	
Horas de vida estimada hasta sustitucion por venta o desecho	
12.000,00	
Número de horas de trabajo al Año	
1.920,00	
Periodo de Amortización en años	
5	
Inversión media	
90.000,00	
Interes_Capital	
5	
Seguros	
5	
Total_Interes_Seguro	
10	
Vida util Tren Rodaje en Horas	
3.000	
Amortización Lineal	
9,30	

Cargas Indirectas
4,69

Coste horario Total de Propiedad
13,99

HP_Maquina
93,00

Potencia_Neta_CV_Maquina
94,2834

Combustible que consume Litros/Hora
12,72826

Consumo Diésel Hora
5,89

Lubricantes, Grasas y Filtros
1,18

Costo Reparaciones
7,08

Coste Horario Total de Operación
14,15

Coste de Tren de Rodaje
2,80

Coste del Operador
8,00

Coste Horario
38,94

Ganancia de la Empresa
9,74

Costo Horario de la Maquinaria
48,68

Nota: Como resultado tenemos que el Costo Horario de la Maquinaria es \$48,68 dólares americanos. Fuente: Autores.

Figura 24

Cálculo del costo horario en Excel de una maquinaria de llantas

MAQUINARIA RETROESCAVADORA HIDRÁULICA



CALCULO DEL COSTE HORARIO DE MAQUINARIA PESADA

DATOS EMPLEADOS PARA EL CALCULO

Precio de adquisicion		\$ 150.000,00
Menos valor residual o de reserva	20%	\$ 30.000,00
Menos valor de los neumaticos	5,6% si son llantas 12% si es de oruga	\$ 8.400,00
SUMA A AMORTIZAR		\$ 111.600,00

Condiciones de trabajo:

Horas de vida estimada hasta sustitucion por venta o deshecho:		12.000
Numero de horas de trabajo al año:		1.920
Periodo de amortizacion en años:	n =	5

Inversion media:

$$Im = \frac{\text{Precio de adquisicion} (n+1)}{2n} = \frac{\$120.000 \times 6}{2 \times 5} = 90.000$$

n= numero de años de amortizacion

Cargas indirectas:

Interes del capital:	5 %
Seguros:	5 %
TOTAL	10 %

Vida util de los neumaticos, horas	3.000
Estimacion de reparaciones, incluyendo mano de obra y recambios, por averías y mantenimiento expresado en % del precio de adquisicion:	60 %

COSTE DE PROPIEDAD

Coste de inversion:

Amortizacion lineal:

$$\frac{\text{Suma a amortizar}}{\text{Numero de horas de vida estimada}} = \frac{111.600}{12.000} = \$ 9,30$$

Cargas indirectas:

$$\frac{\text{Inversion media anual}}{\text{Numero de horas de trabajo año}} \times \frac{10}{100} = \frac{90.000}{1.920} \times \frac{10}{100} = \$ 4,69$$

COSTE HORARIO TOTAL DE PROPIEDAD

\$ 13,99

COSTE DE OPERACION

Combustible:

Consumo litros/hora	12,72826	1 galon en litros:	3,78
Costo galon diedel en Ecuadc	\$ 1,75	Costo diesel en litros:	\$ 0,46
Consumo Total diesel/hora			\$ 5,89

Lubricantes, grasas y filtros 20% del combustible	1,18		\$ 1,18
Lubricantes costo/hora			

Reparaciones:

$$\frac{\text{Valor de adquisicion} - \text{Valor de neumaticos}}{\text{Horas de vida}} \times \frac{60}{100} = \frac{141.600}{12.000} \times \frac{60}{100} = \$ 7,08$$

$$\frac{\text{Valor de adquisicion} - \text{Valor de neumaticos}}{\text{Horas de vida}} \times \frac{60}{100} = \frac{141.600}{12.000} \times \frac{60}{100} = \$ 7,08$$

COSTE DE NEUMATICOS/ORUGA		COSTE HORARIO TOTAL DE OPERACIÓN	\$ 14,15
	$\frac{\text{Valor de los neumaticos}}{\text{Vida util de los neumaticos}} =$	$\frac{\$ 8.400,00}{3.000} =$	\$ 2,80
COSTE DE OPERADOR			\$ 8,00
Sueldo mensual:	\$ 470,00		
		COSTE HORARIO TOTAL	\$ 38,94
		Ganancia de la empresa del 25%	\$ 9,73

COSTO HORARIO DE LA MAQUINARIA \$48,67

Nota: Como resultado de esta metodología tenemos que el Costo Horario de la Maquinaria es \$48,67 dólares americanos. Fuente: Autores

En esta comparación vemos que ambos resultados coinciden en un 99,99% esto se debe al uso de los decimales.

Ejemplo 2

Figura 25

Aplicación de la plataforma Appsheet para una máquina de oruga



Nota: Aplicación Appsheet. Fuente: Appsheet.

Figura 26
Ingresos iniciales para cálculos

Marca Maquina	
CATERPILLAR	
Modelo Maquina	
D5	
Año de la Maquinaria	
2025	
Precio de adquisición de la Maquina	
55.000,00	
Valor Residual o de Reventa	
11.000,00	
Valor del Tren de Rodaje (Llantas/Oruga)	
6.600,00	
Suma a Amortizar	
37.400,00	
Horas de vida estimada hasta sustitucion por venta o desecho	
12.000,00	
Número de horas de trabajo al Año	
1.920,00	
Periodo de Amortización en años	
5	
Inversión media	
33.000,00	
Interes_Capital	
5	
Seguros	
5	
Total_Interes_Seguro	
10	
Vida util Tren Rodaje en Horas	
3.000	
Amortización Lineal	
3,12	
Cargas Indirectas	
1,72	

Coste horario Total de Propiedad
4,84

HP_Maquina
170,00

Potencia_Neta_CV_Maquina
172,3460

Combustible que consume Litros/Hora
23,26671

Consumo Diésel Hora
10,77

Lubricantes, Grasas y Filtros
2,15

Costo Reparaciones
2,42

Coste Horario Total de Operación
15,34

Coste de Tren de Rodaje
2,20

Coste del Operador
8,00

Coste Horario
30,38

Ganancia de la Empresa
7,60

Costo Horario de la Maquinaria
37,98

Nota: Como resultado tenemos que el Costo Horario de la Maquinaria es \$37,98 dólares americanos.

Figura 27

Cálculo del costo horario en Excel de una maquinaria de oruga

Aplicación en Excel (Metodología de enseñanza en el claustro de maquinaria pesada UPS)

MAQUINARIA	TOPADORA
------------	----------



CALCULO DEL COSTE HORARIO DE MAQUINARIA PESADA

DATOS EMPLEADOS PARA EL CALCULO

Precio de adquisicion		\$	55.000,00
Menos valor residual o de reserva	20%	\$	11.000,00
Menos valor de los neumaticos	5,6% si son llantas 12% si es de oruga	\$	6.600,00
SUMA A AMORTIZAR		\$	37.400,00

Condiciones de trabajo:

Horas de vida estimada hasta sustitucion por venta o deshecho:		12.000
Numero de horas de trabajo al año:		1.920
Periodo de amortizacion en años:	n =	5

Inversion media:

$$Im = \frac{\text{Precio de adquisicion } (n+1)}{2n} = \frac{\$120.000 \times 6}{2 \times 5} = 33.000$$

n = numero de años de amortizacion

Cargas indirectas:

Interes del capital:	5 %
Seguros:	5 %
TOTAL	10 %

Vida util de los neumaticos, horas: 3.000

Estimacion de reparaciones, incluyendo mano de obra y recambios, por averias y mantenimiento expresado en % del precio de adquisicion: 60 %

COSTE DE PROPIEDAD

Coste de inversion:

Amortizacion lineal:

$$\frac{\text{Suma a amortizar}}{\text{Numero de horas de vida estimada}} = \frac{37.400}{12.000} = \$ 3,12$$

Cargas indirectas:

$$\frac{\text{Inversion media anual}}{\text{Numero de horas de trabajo año}} \times \frac{10}{100} = \frac{33.000}{1.920} \times \frac{10}{100} = \$ 1,72$$

COSTE HORARIO TOTAL DE PROPIEDAD \$ 4,84

COSTE DE OPERACION**Combustible:**

		1 galon en litros:		3,78	
Consumo litros/hora		23,27			
Costo galon diesel en Ecuad	\$	1,75	Costo diesel en litros:	\$	0,46
Consumo Total diese/hora				=	\$ 10,77
Lubricantes, grasas y filtros 20% del combustible		2,15		=	\$ 2,15
Lubricantes costo/hora				=	
Reparaciones:				=	

$$\frac{\text{Valor de adquisicion} - \text{Valor de neumaticos}}{\text{Horas de vida}} \times \frac{60}{100} = \frac{48.400}{12.000} \times \frac{60}{100} = \$ 2,42$$

COSTE DE NEUMATICOS/ORUGA

$$\frac{\text{Valor de los neumaticos}}{\text{Vida util de los neumaticos}} = \frac{\$ 6.600,00}{3.000} = \$ 2,20$$

COSTE DE OPERADOR

Sueldo mensual:	\$	470,00		=	\$ 8,00
-----------------	----	--------	--	---	---------

COSTE HORARIO TOTAL DE OPERACIÓN

\$ 15,35

COSTE HORARIO TOTAL \$ 30,38

Ganancia de la empresa del 25% \$ 7,60

COSTO HORARIO DE LA MAQUINARIA **\$37,98**

Nota: Como resultado de esta metodología tenemos que el Costo Horario de la Maquinaria es \$37,98 dólares americanos. Fuente: Autores

En esta comparación vemos que ambos resultados coinciden en un 100%

3.11 ANÁLISIS DE LAS PRUEBAS Y LOS RESULTADOS

El capítulo 3 del proyecto detalla la validación de la aplicación desarrollada en AppSheet para el cálculo del costo horario de operación de maquinaria pesada. Se realizaron pruebas con diferentes tipos de maquinaria y se compararon los resultados con una hoja de cálculo en Excel basada en la metodología enseñada en la materia de Maquinaria Pesada de la Universidad Politécnica Salesiana.

Procedimiento de las pruebas

1. Ingreso de datos en la aplicación:

- Se introdujeron valores clave como el año de fabricación, precio de adquisición, tipo de tren de rodaje, horas de vida estimada y costos asociados.
- La aplicación AppSheet calcula automáticamente los valores de depreciación, costos operativos y ganancia de la empresa.

2. Cálculo del costo horario en dos casos de prueba:

○ Ejemplo 1: Máquina con llantas

- Resultado en AppSheet: **\$48,68 USD**
- Resultado en Excel: **\$48,67 USD**
- Diferencia: **0,01% (mínima variación por decimales)**

○ Ejemplo 2: Máquina con oruga

- Resultado en AppSheet: **\$37,98 USD**
- Resultado en Excel: **\$37,98 USD**
- Diferencia: **0% (coincidencia total)**
- **Análisis de los resultados**

- **Precisión del cálculo:** La aplicación logró replicar con alta exactitud los resultados obtenidos en Excel, con una diferencia prácticamente nula.

- **Automatización y eficiencia:** La herramienta permite realizar los cálculos de manera rápida y sin intervención manual, lo que reduce errores y mejora la accesibilidad de la información.

- **Validez de la metodología:** Los cálculos implementados en AppSheet siguen correctamente la metodología utilizada en la enseñanza de maquinaria pesada, asegurando que los valores sean confiables y replicables en la práctica.

CONCLUSIONES

- El presente proyecto logró desarrollar e implementar una aplicación en la plataforma AppSheet para la determinación del costo horario de operación de maquinaria pesada en la ciudad de Cuenca. A lo largo del estudio, se desarrolló un modelo de cálculo eficaz estructurado; basado en variables, tales como depreciación, costos de mantenimiento, consumo de combustible, mano de obra, entre otros factores que influyen en la rentabilidad.
- La validación de la aplicación a través de pruebas comparativas con cálculos realizados en hojas de cálculo Excel demuestra que la herramienta implementada en AppSheet ofrece un nivel de precisión comparable a los métodos tradicionales, con diferencias mínimas atribuibles al redondeo decimal. Esta comprobación respalda la eficacia de la aplicación como una alternativa viable para la gestión de costos operativos en el sector, sin necesidad de programación avanzada, ya que permite que usuarios sin conocimientos especializados en desarrollo de software puedan utilizar y adaptar la aplicación según sus necesidades. La flexibilidad y modularidad del sistema permiten su aplicación en diferentes tipos de maquinaria, ofreciendo así una solución adaptable a diversas condiciones operativas.
- Las pruebas realizadas con distintos tipos de maquinaria evidenciaron que la aplicación desarrollada ofrece resultados altamente precisos, con una variación mínima en comparación con los cálculos realizados en hojas de Excel. Esto optimiza el proceso de análisis financiero en la gestión confiable para administradores y operadores de maquinaria pesada.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda ampliar la base de datos de la aplicación AppSheet para incluir una mayor variedad de maquinaria pesada, permitiendo personalizar aún más los cálculos según modelos específicos, condiciones de trabajo y factores operacionales. Esto garantizará una mayor precisión en la estimación de costos y una mejor adaptación a las distintas necesidades del sector.
- Se recomienda explorar la integración de nuevas funciones, como alertas para mantenimiento preventivo, estimaciones de rentabilidad a largo plazo y generación automática de informes en formatos PDF o Excel. Esto facilitará la toma de decisiones y optimizará la gestión de costes en el sector.
- La aplicación debe mantenerse actualizada conforme a los cambios en normativas locales e internacionales relacionados con costos operativos, mantenimiento y eficiencia energética en maquinaria pesada. Se recomienda una revisión anual de las regulaciones aplicables para realizar los ajustes necesarios en la herramienta.
- A futuro, se sugiere la posibilidad de desarrollar la aplicación en otras plataformas más robustas, como una versión web con capacidades avanzadas o una aplicación nativa para dispositivos móviles con funcionalidades offline. Esto permitiría ampliar su alcance y mejorar la experiencia del usuario.
- Y finalmente si se considera viable, se puede evaluar la posibilidad de comercializar la aplicación u ofrecerla como un servicio con versiones gratuitas y premium. Esto garantizaría la sostenibilidad del proyecto y permitiría seguir invirtiendo en su mejora y actualización.

BIBLIOGRAFÍA

Aragonès, M. (2020). *Appsheet*. Obtenido de <https://appsheet.es/que-es-appsheet-y-para-que-se-utiliza/>

Berrezueta, P. (12 de 01 de 2016). *Determinar El Costo Horario De Posesión Y Operación De Una Excavadora De Orugas John DEERE 330C LC*. Obtenido de <https://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/7677?mode=full>

Broderson. (2024). Obtenido de <https://www.broderson.com/>

Carpio, M. (2017). *Valoración de maquinaria y equipo pesado de construcción para obtener los costos operación, basado en ingeniería de tasación*. Guayaquil: Administración de Proyectos Universidad Santiago de Guayaquil.

Caterpillar. (2024). Obtenido de <https://www.caterpillar.com/es.html>

Chain, N. S. (2008). *Preparación y evaluación de proyectos*. Obtenido de Wordpress: <https://untdfproyectos.wordpress.com/wp-content/uploads/2018/04/sapag-2008-preparacion-y-evaluacion-de-proyectos.pdf>

Deere. (2024). Obtenido de <https://www.deere.com/latin-america/es/index.html>

Deere. (2024). Obtenido de <https://www.deere.com/latin-america/es/index.html>

EPMMOP. (12 de 03 de 2021). *Estudio definitivo de Costos*. Obtenido de https://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Administraci%C3%B3n%202023-2027/Comisiones%20del%20concejo%20Metropolitano/Presupuesto,%20Finanzas%20y%20Tributaci%C3%B3n/2024/2024-08-

14/2.%20Documentaci%C3%B3n/Punto%202/14.1%20Sesi%C3%B3n%20No.14/14.1.1
%20ESTUD

Jimeno, C. (2013). *Manual de Equipos de desescombros en túneles*. Madrid: UD
Proyectos(Universidad Politécnica de Madrid).

Komatsu. (2022). *Lo que debes saber sobre la maquinaria pesada: Definición y tipos*. Obtenido
de [https://www.komatsulatioamerica.com/colombia/maquinaria-pesada-definicion-y-
tipos/](https://www.komatsulatioamerica.com/colombia/maquinaria-pesada-definicion-y-tipos/)

Sandoval, E. (2008). *Elaboración de un Manual de administración de mantenimiento y costos de
maquinaria pesada en empresas de construcción civil*. Quito: Escuela Politécnica
Nacional.

SDLG. (2024). Obtenido de <https://www.sdlgla.com/es/>

Verity. (2018). *La ISO/IEC 9126: 2001: Características de la calidad de software*. Obtenido de
[https://www.verity.cl/que-es-norma-iso-iec-9126-
2001/#:~:text=El%20est%C3%A1ndar%20ISO%2D9126%20establece,trav%C3%A9s%
20de%20un%20conjunto%20de](https://www.verity.cl/que-es-norma-iso-iec-9126-2001/#:~:text=El%20est%C3%A1ndar%20ISO%2D9126%20establece,trav%C3%A9s%20de%20un%20conjunto%20de)