



**UNIVERSIDAD LATINA  
DE COSTA RICA**

POWERED BY **Arizona State University**

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Escuela de Ingeniería Industrial

Trabajo Final de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería  
Industrial con Énfasis en Logística.

Título del Proyecto:

**Propuesta de mejora y control en la gestión del mantenimiento de los equipos en el  
área de logística en la empresa Pilotes Preexcavados de Costa Rica.**

Autor:

**Leidy Laura Ramírez Castro**

Tutor: Ing. Eduardo Muñoz Cárdenas

Mayo 2023, Heredia

## CARTA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL EXAMINADOR



### TRIBUNAL EXAMINADOR

Este proyecto titulado: Propuesta de mejora y control en la gestión del mantenimiento de los equipos en el área de logística en la empresa Pilotes Preexcavados de Costa Rica, por la estudiante: Leidy Laura Ramírez Castro, fue aprobado por el Tribunal Examinador de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Latina, Sede Heredia, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial con énfasis en Logística:

EDUARDO  
ANTONIO MUÑOZ  
CARDENAS  
(FIRMA)

Firmado digitalmente por  
EDUARDO ANTONIO  
MUÑOZ CARDENAS  
(FIRMA)  
Fecha: 2023.05.15 20:37:35  
-06'00'

**EDUARDO MUÑOZ CÁRDENAS**  
Tutor

JOSUE FONSECA  
ARRIETA (FIRMA)

Firmado digitalmente por  
JOSUE FONSECA ARRIETA  
(FIRMA)  
Fecha: 2023.05.13  
12:57:42 -06'00'

**JOSUE FONSECA ARRIETA**  
Lector

LUCIA CATALINA  
SANCHEZ  
RAMIREZ  
(FIRMA)

Firmado digitalmente  
por LUCIA CATALINA  
SANCHEZ RAMIREZ  
(FIRMA)  
Fecha: 2023.05.11  
17:34:08 -06'00'

**LUCÍA CATALINA SÁNCHEZ RAMIREZ**  
Representante

## CARTA JURADA DE LA ESTUDIANTE

### DECLARACIÓN JURADA

Yo, Leidy Laura Ramírez Castro estudiante de la Universidad Latina de Costa Rica, declaro bajo la fe de juramento y consciente de las responsabilidades penales de este acto, que soy Autor Intelectual del Proyecto de Graduación titulado:

Propuesta de mejora y control en la gestión del mantenimiento de los equipos en el área de logística en la empresa Pilotes Preexcavados de Costa Rica.

Por lo que libero a la Universidad de cualquier responsabilidad en caso de que mi declaración sea falsa.

Firmo en Alajuela, 04 de mayo del 2023.



---

Leidy Ramírez Castro

## LICENCIA DE DISTRIBUCIÓN NO EXCLUSIVA

Licencia De Distribución No Exclusiva (carta de la persona autora para uso didáctico)

Universidad Latina de Costa Rica

<b>Yo (Nosotros):</b>	Leidy Laura Ramírez Castro
<b>De la Carrera / Programa:</b>	Licenciatura en Ingeniería Industrial con énfasis en Logística
<b>Modalidad de TFG:</b>	Proyecto
<b>Titulado:</b>	Propuesta de mejora y control en la gestión del mantenimiento de los equipos en el área de logística en la empresa Pilotes Preexcavados de Costa Rica.

Al firmar y enviar esta licencia, usted, el autor (es) y/o propietario (en adelante el "AUTOR"), declara lo siguiente: **PRIMERO:** Ser titular de todos los derechos patrimoniales de autor, o contar con todas las autorizaciones pertinentes de los titulares de los derechos patrimoniales de autor, en su caso, necesarias para la cesión del trabajo original del presente TFG (en adelante la "OBRA"). **SEGUNDO:** El AUTOR autoriza y cede a favor de la UNIVERSIDAD U LATINA S.R.L. con cédula jurídica número 3-102-177510 (en adelante la "UNIVERSIDAD"), quien adquiere la totalidad de los derechos patrimoniales de la OBRA necesarios para usar y reusar, publicar y republicar y modificar o alterar la OBRA con el propósito de divulgar de manera digital, de forma perpetua en la comunidad universitaria. **TERCERO:** El AUTOR acepta que la cesión se realiza a título gratuito, por lo que la UNIVERSIDAD no deberá abonar al autor retribución económica y/o patrimonial de ninguna especie. **CUARTO:** El AUTOR garantiza la originalidad de la OBRA, así como el hecho de que goza de la libre disponibilidad de los derechos que cede. En caso de impugnación de los derechos autorales o reclamaciones instadas por terceros relacionadas con el contenido o la autoría de la OBRA, la responsabilidad que pudiera derivarse será exclusivamente de cargo del AUTOR y este garantiza mantener indemne a la UNIVERSIDAD ante cualquier reclamo de algún tercero. **QUINTO:** El AUTOR se compromete a guardar confidencialidad sobre los alcances de la presente cesión, incluyendo todos aquellos temas que sean de orden meramente institucional o de organización interna de la UNIVERSIDAD. **SEXTO:** La presente autorización y cesión se regirá por las leyes de la República de Costa Rica. Todas las controversias, diferencias, disputas o reclamos que pudieran derivarse de la presente cesión y la materia a la que este se refiere, su ejecución, incumplimiento, liquidación, interpretación o validez, se resolverán por medio de los Tribunales de Justicia de la República de Costa Rica, a cuyas normas se someten el AUTOR y la UNIVERSIDAD, en forma voluntaria e incondicional. **SÉPTIMO:** El AUTOR acepta que la UNIVERSIDAD, no se hace responsable del uso, reproducciones, venta y distribuciones de todo tipo de fotografías, audios, imágenes, grabaciones, o cualquier otro tipo de

presentación relacionado con la **OBRA**, y el **AUTOR**, está consciente de que no recibirá ningún tipo de compensación económica por parte de la **UNIVERSIDAD**, por lo que el **AUTOR** haya realizado antes de la firma de la presente autorización y cesión. **OCTAVO:** El **AUTOR** concede a **UNIVERSIDAD**, el derecho no exclusivo de reproducción, traducción y/o distribuir su envío (incluyendo el resumen) en todo el mundo en formato impreso y electrónico y en cualquier medio, incluyendo, pero no limitado a audio o video. El **AUTOR** acepta que **UNIVERSIDAD** puede, sin cambiar el contenido, traducir la **OBRA** a cualquier lenguaje, medio o formato con fines de conservación. **NOVENO:** El **AUTOR** acepta que **UNIVERSIDAD** puede conservar más de una copia de este envío de la **OBRA** por fines de seguridad, respaldo y preservación. El **AUTOR** declara que el envío de la **OBRA** es su trabajo original y que tiene el derecho a otorgar los derechos contenidos en esta licencia. **DÉCIMO:** El **AUTOR** manifiesta que la **OBRA** y/o trabajo original no infringe derechos de autor de cualquier persona. Si el envío de la **OBRA** contiene material del que no posee los derechos de autor, el **AUTOR** declara que ha obtenido el permiso irrestricto del propietario de los derechos de autor para otorgar a **UNIVERSIDAD** los derechos requeridos por esta licencia, y que dicho material de propiedad de terceros está claramente identificado y reconocido dentro del texto o contenido de la presentación. Asimismo, el **AUTOR** autoriza a que en caso de que no sea posible, en algunos casos la **UNIVERSIDAD** utiliza la **OBRA** sin incluir algunos o todos los derechos morales de autor de esta. **SI AL ENVÍO DE LA OBRA SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA U ORGANIZACIÓN QUE NO SEA UNIVERSIDAD U LATINA, S.R.L., EL AUTOR DECLARA QUE HA CUMPLIDO CUALQUIER DERECHO DE REVISIÓN U OTRAS OBLIGACIONES REQUERIDAS POR DICHO CONTRATO O ACUERDO.** La presente autorización se extiende el día 04 de mayo de 2023 a las 18:00

Firma del estudiante(s):



## CARTA DEL FILÓLOGO

### Carta de revisión filológica

San José, 15 de mayo de 2023

Señores

Escuela de Ingeniería Industrial

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Universidad Latina de Costa Rica

Estimados señores:

He revisado y corregido en todos los extremos filológicos: la redacción, la ortografía, la puntuación, la morfología, la sintaxis y los vicios del trabajo titulado **“Propuesta de mejora y control en la gestión del mantenimiento de los equipos en el área de logística en la empresa Pilotes Preexcavados de Costa Rica”**, presentado por la estudiante Leidy Laura Ramírez Castro, para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial con énfasis en Logística.

Con las correcciones elaboradas en este trabajo de investigación, este es un documento con valor filológico y cumple con los requisitos necesarios para ser presentado ante las autoridades universitarias correspondientes.

Atentamente,

MARGARITA  
SIRLENE CHAVES  
BONILLA (FIRMA)

Firmado digitalmente por  
MARGARITA SIRLENE  
CHAVES BONILLA (FIRMA)  
Fecha: 2023.05.15 09:07:36  
+06'00'

M.Sc. Margarita Sirlene Chaves Bonilla

Filóloga

Cédula 2 0717 0620

Carné 83791 (COLYPRO)

## AGRADECIMIENTOS

Brindo mi gratitud a Dios, porque me ha dado la bendición de llegar hasta este punto de mi vida, con salud, bienestar y siempre me ha protegido ante todo pronóstico.

Le brindo mi agradecimiento a mi familia, por el apoyo que me han manifestado en este proceso, a mi pareja, a mis amigos y a mis amigas quienes me han motivado e impulsado para salir adelante.

A mis jefes y compañeros de la empresa Pilotes Preexcavados de Costa Rica S.A. por permitirme realizar el proyecto en la compañía, brindarme su confianza, apoyo y aporte en cada consulta realizada.

De igual manera mi profundo agradecimiento al profesor Ing. Eduardo Muñoz Cárdenas por guiarme en este proceso con sus consejos y conocimientos, así como a la Universidad Latina de Costa Rica porque me ha brindado las bases y las herramientas para hacer este proyecto posible.

## DEDICATORIAS

Le dedico este trabajo a Dios, por darme su bendición, guiarme y protegerme siempre, por brindarme la fuerza para seguir adelante.

A mi mamá y a mi papá, por haberme educado y darme la libertad para convertirme en la mujer que soy hoy en día, por siempre buscar mi bienestar y crecimiento personal y profesional, a mi hermano y a mis hermanas, porque de una u otra manera han estado cuando los necesito y sé que así será por lo que nos quede de vida juntos.

Y a mi pareja, a mis amigos y amigas que siempre estuvieron pendientes durante este proceso, brindándome su apoyo y velando porque lograra cumplir esta meta propuesta.

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo general proponer un sistema de gestión de mantenimiento para las máquinas y equipos de la empresa Pilotes Preexcavados de Costa Rica, con el fin de incrementar la eficiencia en su funcionamiento en un 5 %. La empresa se encuentra ubicada en Palmares de Alajuela, Costa Rica. Al realizar un análisis en la empresa, se determinó que esta no cuenta con una adecuada gestión de mantenimiento de los equipos. Se concluyó que las principales causas de paralización de equipos, retrasos en proyectos y gastos innecesarios son la falta de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo, la falta de información y la falta de capacitación del personal.

Para comprobar lo mencionado anteriormente, se utilizaron herramientas de Ingeniería Industrial, como entrevistas a trabajadores, diagrama de Pareto para determinar las causas principales, diagrama de Ishikawa, diagrama SIPOC, entre otros.

Con el fin de solucionar los problemas mencionados, se realizaron dos propuestas. La primera propuesta consiste en la adquisición de un software de mantenimiento digital que permita a la empresa contar con información actualizada en tiempo real, mediciones de rendimiento, asignaciones de tareas a colaboradores y seguimiento de estas, ya sea que estén en revisión, ejecución o finalizadas, entre otras funciones.

En caso de que la empresa no opte por adquirir la primera propuesta, se realizó una segunda propuesta. Esta consiste en la creación de formularios de control de gestión de mantenimiento, como control semanal, reporte de mantenimiento, hoja de producción, solicitud de mantenimiento correctivo y tabla de indicadores. Estos formularios permitirán mantener un control y dar seguimiento a cada equipo, así como contar con datos históricos para la toma de decisiones.

## TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.    Antecedentes del estudio .....	2
1.1.1.  Mantenimiento industrial en máquinas herramientas por medio de AMFE ..	2
1.1.2.  Gestión de mantenimiento preventivo de los equipos electromecánicos en las empresas: una revisión de la literatura.....	4
1.1.3.  Propuesta de mejoramiento para los procesos logísticos internos de la empresa Proyectos y Servicios LTDA. Seccional Bogotá.....	5
1.2.    Justificación.....	6
1.3.    Planteamiento del problema .....	7
1.4.    Preguntas de investigación .....	8
1.5.    Objetivo general .....	8
1.5.1.  Objetivos específicos.....	8
1.6.    Alcances.....	9
1.7.    Limitaciones .....	9
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	10
1.8.    Filosofía y conceptos .....	11
1.8.1.  Mantenimiento .....	11
1.8.2.  Mantenimiento correctivo .....	11
1.8.3.  Mantenimiento preventivo .....	11

1.8.4.	Mantenimiento productivo total.....	12
1.8.5.	Gestión del mantenimiento.....	12
1.8.6.	Estudios de confiabilidad.....	12
1.9.	Herramienta de ingeniería.....	13
1.9.1.	Diagrama de flujo.....	13
1.9.2.	Diagrama de Pareto.....	14
1.9.3.	Indicadores.....	16
1.9.4.	KPI de mantenimiento.....	16
1.9.5.	Eficiencia global de los equipos (OEE):.....	16
1.9.6.	Revisión de sistemas y documentos.....	17
1.9.7.	Entrevistas al personal.....	17
1.9.8.	Listas de revisión (procedimientos, equipos y fichas técnicas).....	18
1.9.9.	Listas de Control de mantenimiento.....	18
1.9.10.	Programación.....	19
1.9.11.	Estadística.....	19
1.9.12.	Manual de procedimientos.....	19
1.9.13.	Período entre fallas.....	20
1.9.14.	5s.....	20
1.9.15.	Valor actual neto (VAN).....	21
1.9.16.	Tasa Interna de Retorno (TIR).....	22

1.9.17. Retorno de la inversión (ROI).....	22
1.9.18. Metodología Harvey Balls .....	23
1.10. Tecnologías de la información .....	23
1.10.1. Software MP.....	23
1.10.2. Software Fractal One.....	24
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....	25
1.11. Tipo de investigación.....	26
1.12. Alcance de la investigación .....	27
1.12.1. Estudio descriptivo.....	27
1.12.2. Estudio explicativo.....	27
1.13. Fuentes de información .....	28
1.13.1. Fuentes primarias .....	28
1.13.2. Fuentes secundarias.....	29
1.13.3. Fuentes terciarias.....	29
1.14. Instrumentos y técnicas de recolección de datos .....	30
1.15. Procedimientos metodológicos de la investigación.....	31
1.15.1. Población de interés .....	31
1.15.2. Tipo de muestreo.....	32
1.15.3. Tamaño de la muestra .....	32
1.15.4. Unidad informante.....	32

1.16.	Definición, operacionalización e instrumentación de las variables.....	33
1.17.	Diagrama de Gantt.....	35
CAPÍTULO IV. MARCO SITUACIONAL.....		37
1.18.	Introducción.....	38
1.19.	Reseña de la empresa e historia.....	38
1.20.	Ubicación.....	38
1.21.	Organigrama .....	39
1.22.	Servicios .....	40
1.23.	Estrategia empresarial.....	41
1.23.1.	Misión.....	41
1.23.2.	Visión .....	41
1.23.3.	Valores .....	42
1.23.4.	Política de calidad .....	42
1.23.5.	FODA.....	43
1.23.6.	Mercado.....	44
1.23.7.	Clientes.....	44
1.23.8.	Proveedores .....	45
1.23.9.	Competencia.....	45
1.23.10.	Macroproceso .....	45
CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....		48

1.24.	Consideraciones.....	49
1.24.1.	Procesos por intervenir.....	50
1.24.2.	Diagnóstico de la situación actual.....	50
1.24.3.	Análisis cualitativo.....	50
1.24.4.	Análisis cuantitativo.....	52
1.24.5.	Resumen de la problemática. ....	56
CAPÍTULO IV. DISEÑO DE LA PROPUESTA .....		57
1.25.	Propuesta del mantenimiento de los equipos.....	59
1.25.1.	Propuesta N°1.....	60
1.25.2.	Propuesta N°2.....	62
1.25.3.	Capacitación del personal.....	70
1.25.4.	Indicadores. ....	71
CAPÍTULO VII. EVALUACIÓN FINANCIERA.....		75
1.26.	Análisis financiero de la propuesta N°1 .....	76
1.27.	Análisis financiero de la propuesta N°2 .....	78
CAPÍTULO VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		83
1.28.	Conclusiones.....	84
1.29.	Recomendaciones .....	85
BIBLIOGRAFÍA .....		87
GLOSARIO .....		93

APÉNDICE.....	97
ANEXOS .....	109

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de Flujo.....	14
Figura 2. Diagrama de Pareto .....	15
Figura 3. Fórmula del valor actual neto .....	21
Figura 4. Fórmula de la Tasa Interna de Retorno .....	22
Figura 5. Cronograma de actividades .....	35
Figura 6. Ubicación Pilotes Preexcavados de Costa Rica S.A. ....	39
Figura 7. Organigrama de la empresa.....	40
Figura 8. Macroproceso general .....	46
Figura 9. Procesos a analizar.....	50
Figura 10. Diagrama de Flujo del equipo en taller.....	51
Figura 11. Diagrama de Ishikawa .....	53
Figura 12. Diagrama de Pareto de las causas principales .....	55
Figura 13. Flujograma de actividades.....	60
Figura 14. Diagrama de flujo. Procedimiento de Mantenimiento Preventivo .....	64
Figura 15. Formato Control Semanal de mantenimiento.....	65
Figura 16. Formato de reporte de mantenimiento.....	67
Figura 17. Formato de hoja de Producción.....	68
Figura 18. Formato de Mantenimiento Correctivo .....	70
Figura 19. Fórmulas para calcular el OEE.....	73

Figura 20. Retorno de Inversión de ambas propuestas .....	81
Figura 21. Formulario para tiempos de los equipos.....	100
Figura 22. Ficha Técnica IMT Caterpillar .....	101
Figura 23. Ficha Técnica TeiRockDrills.....	102
Figura 24. Ficha Técnica Power Deutz.....	103
Figura 25. Ficha Técnica Tamrock .....	104
Figura 26. Ficha Técnica Svedala.....	105
Figura 27. Ficha Técnica Williams White .....	106
Figura 28. Lista de precios anuales del Software Fractal One.....	107
Figura 29. Proforma del Software MP .....	108
Figura 30. Proyecto ubicado en Reventazón.....	110
Figura 31. Proyecto de concreto lanzado y anclajes. ....	111
Figura 32. Proyecto de micropilotes. ....	111
Figura 33. Proyecto ubicado en Florida Bebidas .....	112
Figura 34. Reforzamiento de talud en Jacó.....	112
Figura 35. Perforación de pilotes en Tamarindo.....	113

### **LISTA DE TABLAS**

Tabla 1. Entrevista con el gerente general .....	6
Tabla 2. Fuentes de información.....	30
Tabla 3. Cuadro de variables .....	33
Tabla 4. FODA.....	43
Tabla 5. Lista de equipos y sus características .....	49

Tabla 6. Diagrama SIPOC, Proceso de mantenimiento.....	52
Tabla 7. Resumen de la problemática.....	56
Tabla 8. Situación actual y requerimientos de mejora.....	58
Tabla 9. Diagrama SIPOC, Propuesta de mantenimiento.....	59
Tabla 10. Formato de indicadores de evaluación.....	71
Tabla 11. Clasificación de los indicadores de evaluación. ....	74
Tabla 12. Cuadro de costos. Propuesta N°1.....	76
Tabla 13. Cuadro de costos. Propuesta N°2.....	79
Tabla 14. Período de recuperación.....	81
Tabla 15. Entrevista al encargado de taller.....	98

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

El presente proyecto tiene como objetivo realizar un análisis de la gestión del mantenimiento de los equipos de la empresa Pilotes Preexcavados de Costa Rica S.A., ubicada en Buenos Aires de Palmares de Alajuela. Se busca proponer un plan de mejora de procesos en la revisión y mantenimiento de los equipos.

El proyecto tiene varios objetivos. En primer lugar, se pretende comprender y analizar el proceso de mantenimiento de los equipos para encontrar alternativas que lo hagan más eficaz y eficiente. Además, se busca identificar las principales deficiencias presentes en dicho proceso y sugerir mejoras. Se desea reducir los tiempos muertos de trabajo y los costos asociados, mejorando el proceso de mantenimiento. Estas mejoras contribuirán al crecimiento de la empresa y a satisfacer las necesidades de la organización y sus clientes.

El análisis comenzará con visitas periódicas a las instalaciones de la empresa, con el objetivo de comprender y observar la forma de trabajo actual. Se examinará cada punto del proceso para proponer soluciones que corrijan los problemas identificados, optimizando el uso de los recursos, el tiempo y el espacio disponibles.

El propósito de estas observaciones y análisis es detectar las causas raíz de los problemas que afectan el funcionamiento de los equipos, para luego implementar las mejoras propuestas.

## **1.1. Antecedentes del estudio**

### ***1.1.1. Mantenimiento industrial en máquinas herramientas por medio de AMFE***

El primer antecedente posee como título “Mantenimiento industrial en máquinas herramientas por medio de AMFE”. Elaborado por Vicente González Sosa et al. Para la Revista Ingeniería Industrial, en México, en el año 2018 (González et al., 2019).

La investigación realizada por los autores anteriores se centra en los diferentes modelos o prácticas utilizados en la ingeniería industrial para el mantenimiento de equipos, con el objetivo de establecer un plan preventivo y de mejora dentro de las empresas.

En esta investigación, se utiliza el método AMFE (Análisis de Modo y Efecto de Fallas) como una herramienta confiable y ampliamente utilizada. Este método permite la realización de mantenimientos preventivos, lo que implica la detección y prevención de fallas a mediano o largo plazo en cada uno de los equipos.

El enfoque integral del método AMFE permite detectar de manera exhaustiva las fallas, al tiempo que se generan acciones de contención y se diseñan planes para reducir dichas fallas. Además, se enfatiza la importancia de involucrar a todas las partes relacionadas con el equipo en el proceso.

A través de un diagrama de flujo que muestra los diferentes campos de aplicación, se lleva a cabo el estudio con el objetivo de determinar las fallas y las acciones que deben tomarse para mejorar el mantenimiento de las máquinas. Esto implica detectar fallas y generar mayores rendimientos económicos e industriales en las empresas. En última instancia, se espera que estas acciones beneficien a todas las partes involucradas a corto o largo plazo.

Este antecedente se relaciona con el mantenimiento preventivo de los equipos, ya que contribuye al análisis y la detección oportuna de fallas, al tiempo que brinda herramientas de mejora para la gestión de estos. Esto resulta en un mayor rendimiento para las empresas, lo que hace que la información presentada en este estudio sea valiosa para el presente trabajo.

### ***1.1.2. Gestión de mantenimiento preventivo de los equipos electromecánicos en las empresas: una revisión de la literatura.***

El segundo antecedente posee como título: “Gestión de mantenimiento preventivo de los equipos electromecánicos en las empresas” elaborada por los autores Enrique Alberto Salazar Apesteuguía y Ronald Danilo Uceda Pisfil, en Perú, en el año 2018 (Salazar y Uceda, 2018).

La investigación realizada consta de dos etapas. En la primera etapa, el objetivo es recopilar datos técnicos de los equipos, como el historial de fallas y los servicios realizados en cada uno de ellos. También se busca determinar los gastos en mantenimiento que la empresa ha incurrido debido a estas fallas.

En la segunda etapa de la investigación, se analizan los datos obtenidos, incluyendo indicadores de disponibilidad y confiabilidad de los equipos evaluados anteriormente. El propósito es identificar oportunidades de mejora en un proceso continuo, con el objetivo de reducir las fallas y analizar los costos y beneficios de implementar un sistema de mantenimiento eficiente.

Mediante un análisis de criticidad, se establecen las prioridades de cada uno de los equipos, lo que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas. Con base en estas decisiones, se elabora un plan de mantenimiento anual que permite llevar un control más ordenado y sistemático de cada equipo. Esto, a su vez, genera mayores rendimientos de las máquinas, reduce los gastos y aumenta la productividad de la empresa.

Este antecedente es relevante y se toma en consideración, ya que aborda una problemática similar a la que enfrenta la empresa Pilotes Preexcavados. Proporciona información útil para abordar la corrección de problemas y la toma de decisiones, y cuenta con una adecuada trazabilidad que servirá como guía para la realización del presente proyecto.

***1.1.3. Propuesta de mejoramiento para los procesos logísticos internos de la empresa Proyectos y Servicios LTDA. Seccional Bogotá.***

El tercer antecedente posee como título: “Propuesta de mejoramiento para los procesos logísticos internos de la empresa Proyectos y Servicios LTDA. Seccional Bogotá” Elaborada por Karen Ximena Castañeda Chacón y Miguel Ángel Quiñonez Romero, en Colombia, en el año 2022 (Castañeda Chacón y Quiñonez Romero, 2022).

La problemática abordada en este proyecto se refiere al incumplimiento en la prestación de servicios por parte de la empresa Proyectos y Servicios Limitada, debido a retrasos en los tiempos de respuesta para la instalación de equipos de refrigeración y a la falta de completar los servicios de mantenimiento correspondientes. Estos problemas se originan en debilidades en la logística interna de la empresa.

La investigación propone un fortalecimiento para mejorar el nivel de cumplimiento del servicio de la empresa mencionada. Se realizó un diagnóstico de la situación actual de la empresa y, en base a esto, se elaboró un plan de mejora que permitirá un desarrollo de los procesos orientado hacia un progreso adecuado, lo que resultará en un aumento en el cumplimiento de la prestación de los servicios.

Como resultado de la investigación, se recomienda a la empresa digitalizar la gestión documental con el fin de reducir los tiempos de búsqueda de dicha documentación.

Este antecedente aborda temas relacionados con la logística interna, que guardan similitudes con los presentes en este proyecto. Por lo tanto, proporciona conocimientos útiles para el estudio y análisis del proceso de trabajo, así como herramientas y conceptos considerados relevantes para su desarrollo.

## 1.2. Justificación

El presente trabajo se dedicará al análisis del proceso de gestión de mantenimiento de los equipos de la empresa Pilotes Preexcavados de Costa Rica S.A., que se dedica a la construcción geotécnica. El objetivo es mejorar y controlar el proceso de mantenimiento, con el propósito de reducir daños, retrasos y reparaciones innecesarias que se producen debido a la falta de control y estandarización.

A continuación, se muestra una entrevista realizada al gerente general de la empresa, con el fin de obtener más información sobre la situación actual de los equipos y de la empresa.

**Tabla 1**

*Entrevista con el gerente general*

<b>Preguntas al entrevistado</b>	<b>Respuestas obtenidas</b>
¿Los equipos se utilizan en manera conjunta en varios proyectos?	Sí, en algunas ocasiones se deben de utilizar en varios proyectos a la vez.
Al utilizarse de manera conjunta en varios proyectos ¿se les realiza el mantenimiento adecuado antes de que sean trasladados?	No siempre, porque generalmente urgen en cada proyecto, por lo que no se tiene tiempo para revisarlos y luego enviarlos.
¿Cuentan con un sistema de alertas que avise sobre el mantenimiento preventivo de cada equipo?	No, no se cuenta con ese sistema, se les realiza el mantenimiento cuando el equipo llega al plantel de la empresa.

<p>¿Poseen un control sobre las horas de uso de cada equipo, así como un calendario de fechas que indique cuando se debe de realizar los mantenimientos?</p>	<p>No se posee un control adecuado sobre el uso de cada equipo ni se cuenta con dicho calendario.</p>
<p>¿Qué considera que ocasionan las respuestas anteriores al funcionamiento de los equipos y a la productividad de la empresa?</p>	<p>Una disminución en la eficiencia del funcionamiento de los mismos, retrasos en las actividades diarias de los trabajos, la detención irregular de los equipos e incumplimientos en los cronogramas de trabajo de los distintos proyectos.</p>

Por lo tanto, no se dispone de un control adecuado de los mantenimientos preventivos, correctivos ni productivos, lo que provoca que en algunos proyectos la maquinaria presente fallas y sea necesario detener el proceso de ejecución para reparar o incluso reemplazar el equipo. Esto ocasiona retrasos en la entrega de los proyectos y genera sobrecostos debido a reparaciones que podrían evitarse.

### **1.3. Planteamiento del problema**

El proyecto tiene como finalidad mejorar el proceso de gestión de mantenimiento de cada equipo, reduciendo el retraso en las actividades de cada proyecto, la paralización de los equipos y el incumplimiento en los programas de trabajo, y aumentando la eficiencia de los equipos y el desempeño de los colaboradores de la organización.

Se realizará un análisis y clasificación individual de la maquinaria y los equipos que posee la empresa, con el fin de determinar su antigüedad, horas de uso y control de mantenimiento según

su ficha técnica, para brindar una propuesta de mejora y control en cada uno de ellos. Además, se analizará la viabilidad de implementar un plan de alertas o recordatorios para dar continuidad sistemática al mantenimiento de los equipos, utilizando distintas herramientas como el diagrama de flujo para determinar el flujo actual del proceso, el diagrama de Pareto para identificar y analizar la problemática, listas de control de horas para cada equipo, la metodología de las 5 S y KPI de mantenimiento, entre otros.

Este trabajo tiene como objetivo ofrecer una propuesta de control óptimo para el área de logística de la empresa, donde se realizará un registro y clasificación adecuados de la maquinaria y los equipos, con el fin de contar con un mantenimiento adecuado y evitar daños o su pronta obsolescencia. También se espera prolongar la vida útil de cada equipo y maquinaria, así como generar ahorros a largo plazo en repuestos y adquisición de nuevos activos.

#### **1.4. Preguntas de investigación**

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Qué impacto generaría la mejora y el control en la gestión del mantenimiento de los equipos que posee la empresa Pilotes Preexcavados de Costa Rica?

#### **1.5. Objetivo general**

Proponer un sistema de gestión de mantenimiento para las máquinas y equipos de la empresa Pilotes Preexcavados de Costa Rica, con el fin de incrementar la eficiencia en su funcionamiento en un 5%; manteniéndolos en óptimas condiciones, para el primer cuatrimestre del 2023.

##### ***1.5.1. Objetivos específicos***

- a. Identificar el sistema de gestión actual de mantenimiento de equipos.

- b. Determinar las principales necesidades que posee la organización para el mantenimiento o los cumplimientos que se requieren para un adecuado estado de los equipos.
- c. Diseñar un sistema que permita incrementar la eficiencia operativa de los equipos en al menos un 5 % al cierre del año 2023.
- d. Proponer métodos de control para estandarizar la operatividad de los equipos.
- e. Estimar el costo del nuevo sistema de mantenimiento de los equipos.

### **1.6. Alcances**

El presente proyecto se llevará a cabo en la empresa Pilotes Preexcavados de Costa Rica S.A., ubicada en Palmares de Alajuela. Su alcance abarcará el área de logística interna para la gestión de mantenimiento de los equipos y maquinaria de la empresa. Se tomará en cuenta la clasificación y el almacenaje adecuado de los equipos en las instalaciones correspondientes. Además, se contará con la colaboración del personal encargado de su mantenimiento, con el fin de mantener el control establecido y analizar posibles puntos de mejora que puedan ser propuestos.

### **1.7. Limitaciones**

La empresa cuenta con normas de confidencialidad, por lo tanto, cierta información deberá ser codificada para su protección.

Este análisis se presenta como una propuesta ejecutiva, pero la decisión de llevarla a cabo, darle seguimiento y controlar su implementación queda en manos de la empresa. Es importante destacar que este proyecto se limitará a la elaboración de la propuesta y análisis, sin incluir su implementación.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

## **1.8. Filosofía y conceptos**

### ***1.8.1. Mantenimiento***

El autor Pérez Porto (2018) establece que:

el concepto suele emplearse con referencia a los procedimientos preventivos y de reparación que se llevan a cabo en edificios y máquinas para que estén en condiciones de seguir en funcionamiento. El mantenimiento implica la preservación y la restauración de los elementos.

Este concepto es importante para conocer el significado real de mantenimiento, debido a que el concepto es mencionado en varias ocasiones.

### ***1.8.2. Mantenimiento correctivo***

El mantenimiento correctivo “es necesario cuando un equipo no funciona o lo hace de forma incorrecta. En este contexto, las tareas apuntan a detectar el problema y a solucionarlo mediante una reparación o corrección” (Pérez Porto, 2018).

Es importante comprender el significado del mantenimiento correctivo para asegurarse de que se aplique de manera adecuada cuando sea necesario.

### ***1.8.3. Mantenimiento preventivo***

Según Pérez Porto (2018) el mantenimiento preventivo es el “que se orienta a conservar las instalaciones y los mecanismos. Para esto se realizan revisiones en equipos que se encuentran en funcionamiento. La finalidad del mantenimiento preventivo es minimizar el riesgo de fallos”.

Este concepto es de gran valor debido a que se debe de implementar un plan de mantenimiento preventivo en la propuesta.

#### ***1.8.4. Mantenimiento productivo total***

En lo que respecta al termino Mancuzo (2020) cita:

El mantenimiento productivo total (TPM) es una estrategia de gestión de mantenimiento, sus objetivos son erradicar los accidentes, eliminar los defectos, suprimir las averías y abolir las pérdidas, este modelo se caracteriza por tareas de mantenimiento en todas las etapas del ciclo de vida de la maquinaria, participación activa de todos los miembros de la empresa y ser una estrategia global que puede ayudar a la estabilidad de toda la empresa.

El mantenimiento productivo total brinda una mejora constante en el funcionamiento de los equipos, por esa razón es importante conocer su concepto.

#### ***1.8.5. Gestión del mantenimiento***

Safety Culture define el termino como:

La gestión del mantenimiento es el proceso de seguimiento de los activos de la empresa y la supervisión de las actividades de mantenimiento. La organización de las actividades de mantenimiento garantizará la optimización del rendimiento de cada activo. El mantenimiento no se limita a la reparación de activos como equipos y maquinaria, sino que también incluye otros procedimientos como la inspección y la limpieza para mantener estos activos en condiciones de funcionamiento. (SafetyCulture, 2022)

Es sumamente importante una adecuada gestión de mantenimiento para que los equipos de la organización cumplan de manera efectiva sus actividades diarias y se eviten inconvenientes innecesarios dentro de la misma.

#### ***1.8.6. Estudios de confiabilidad***

Sena Mesa (2020) define los estudios de confiabilidad de la siguiente manera:

Un estudio de confiabilidad está fundamentado en un análisis de fallas de un equipo o componente. Este análisis es el paso decisivo en el estudio económico de un sistema de mantenimiento y este depende de la determinación y el conocimiento del índice de fallas de los equipos que participan en el sistema de mantenimiento. En un estudio de este tipo, los componentes de un producto o el sistema se analizan en un esfuerzo para predecir la frecuencia con la cual el producto o el sistema fallará.

Estos estudios son importantes con el fin de determinar las fallas que presentan los equipos y así brindarles el mantenimiento adecuado.

## **1.9. Herramienta de ingeniería**

### ***1.9.1. Diagrama de flujo***

Según lo expuesto por Añez (s.f.), un diagrama de flujo es una representación gráfica que permite visualizar cada paso o progresión a través de un proceso. Este tipo de diagrama utiliza símbolos que describen los procedimientos paso a paso, junto con líneas que indican el flujo direccional del diagrama. Uno de sus usos más importantes es representar cómo se realiza un proceso de principio a fin, generalmente en un orden secuencial.

A continuación, se detalla la simbología, el significado y la función de cada símbolo utilizado para crear un diagrama de flujo:

## Figura 1

### Diagrama de Flujo

Figura 1. Diagrama de Flujo.

Símbolo	Nombre	Función
	Inicio / Final	Representa el inicio y el final de un proceso
	Línea de Flujo	Indica el orden de la ejecución de las operaciones. La flecha indica la siguiente instrucción.
	Entrada / Salida	Representa la lectura de datos en la entrada y la impresión de datos en la salida
	Proceso	Representa cualquier tipo de operación
	Decisión	Nos permite analizar una situación, con base en los valores verdadero y falso

*Nota:* SmartDraw LLC (s.f.)

Este diagrama se utilizará para la demostración gráfica y específica de los procesos de mantenimiento de los equipos, definiendo de esta manera el flujo actual contra el propuesto al final del presente proyecto.

### 1.9.2. Diagrama de Pareto

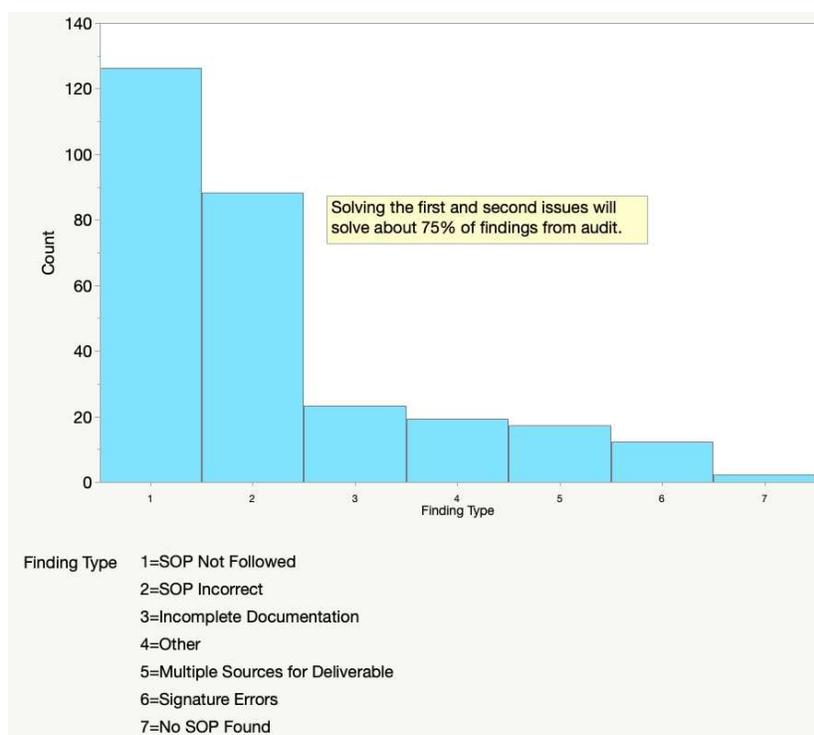
Tal y como se menciona en JMP Statistical Discovery LLC, un Diagrama de Pareto “muestra los conteos ordenados de frecuencia de los niveles de una variable nominal”. Este tipo de diagrama permite decidir el orden de prioridad de los problemas y sirve para identificar el resultado más frecuente de una variable categórica. Por lo general, se utilizan software para crear

este tipo de diagramas. El Diagrama de Pareto es un tipo especial de los diagramas de barras, y se diferencia en que las barras se ordenan de mayor a menor.

Estos diagramas se basan en la regla 80/20, que indica que aproximadamente el 80% de los resultados se derivan del 20 % de las causas.

A continuación, se adjunta una imagen que ejemplifica los diagramas mencionados:

Figura 2. Diagrama de Pareto



*Nota:* (JMP Statistical Discovery LLC, s.f.)

Con esta herramienta se analizará y priorizarán los problemas que causan fallas en el proceso actual.

### **1.9.3. Indicadores**

De acuerdo con Porras (2017), los Indicadores Clave de Desempeño (KPI, por sus siglas en inglés) hacen referencia a una serie de métricas que se utilizan para sintetizar la información sobre la eficacia y productividad de las acciones llevadas a cabo en un negocio. Estas métricas permiten tomar decisiones y determinar qué acciones han sido más efectivas en el cumplimiento de los objetivos establecidos en un proceso o proyecto específico. Su importancia radica en que proporcionan una medición en tiempo real del funcionamiento de las estrategias de negocio, lo que permite tomar decisiones informadas y lograr las metas establecidas en una organización. Los KPI brindan una visión global de la situación actual, facilitando la identificación de los puntos fuertes y débiles de un proyecto.

### **1.9.4. KPI de mantenimiento**

En lo que respecta al KPI de mantenimiento Abarca cita:

Para medir el éxito o resultado de cualquier proyecto, se utilizan los llamados KPIs de mantenimiento (Key Performance Indicators), indicadores de rendimiento que evalúan los procesos en base al logro de determinados objetivos; los KPIs pueden ser infinitos, ya que cada compañía tendrá unos objetivos y una estrategia y, por tanto, cabe la posibilidad de realizar una medición de factores muy distintos. Sin embargo, sí se pueden identificar algunos KPIs utilizados habitualmente para evaluar en el sector del mantenimiento y las órdenes de trabajo. (Abarca, 2022)

### **1.9.5. Eficiencia global de los equipos (OEE):**

Salazar López (2019) establece que la OEE “es un indicador vital que representa la capacidad real para producir sin defectos, el rendimiento del proceso y la disponibilidad de los equipos. Es un indicador poderoso que requiere de información diaria del proceso”.

### ***1.9.6. Revisión de sistemas y documentos***

Según Valencia (2015) una revisión documental permite lo siguiente:

...identificar investigaciones elaboradas con anterioridad, perfilar el objeto de estudio, hacer relaciones entre trabajos, rastrear preguntas y objetivos de la investigación, establecer semejanzas y diferencias entre los trabajos, categorizar experiencias, distinguir los elementos más abordados con sus esquemas observacionales y precisar ámbitos no explorados.

Esta herramienta ampliará el conocimiento, mediante la obtención de datos, sobre la situación actual de los equipos, nos permitirá analizar sus características y capacidades.

### ***1.9.7. Entrevistas al personal***

Según Ortega (2013) la entrevista “es una comunicación entre al menos dos personas, donde se presentan roles definitivos: entrevistador y entrevistado, con objetivos conocidos, al menos por el entrevistador. Existen tres tipos de estructura de la entrevista, las cuales son:

- Entrevista estructurada: La cual sigue un texto o secuencia prefijada de preguntas.
- Entrevista semiestructurada: No sigue una secuencia de preguntas fijas, aunque sí se adecua a un esquema o pauta general.
- Entrevista no estructurada: Sin esquema o plan previo”

Esta herramienta permitirá obtener información de aquellos que trabajan con los equipos y tienen conocimientos sobre sus funcionalidades. Esto proporcionará una comprensión más profunda de sus conocimientos y experiencias, lo que enriquecerá el proyecto.

### ***1.9.8. Listas de revisión (procedimientos, equipos y fichas técnicas)***

Se establece que “un checklist (del inglés check, “revisión”, y list, “lista”) o lista de comprobación es una herramienta escrita con la cual se esquematiza la información concerniente a una tarea, un proceso o cualquier conjunto de elementos pendientes, de manera tal de poder controlar sencilla y rápidamente su ejecución” (Equipo Editorial Etecé, 2022). Es decir, un *checklist* es una lista de elementos o tareas que requieren revisión. Puede realizarse de manera digital o física y ayuda a mejorar la memoria y la atención. Los *checklists* funcionan para verificar temas o asuntos pendientes y resueltos.

Mediante los *checklist* podremos listar las tareas de mantenimiento de cada equipo, ya sean preventivas o correctivas, logrando un mayor orden y trazabilidad en cuanto al funcionamiento de cada uno y en cuanto a sus requerimientos.

### ***1.9.9. Listas de Control de mantenimiento***

De acuerdo con SafetyCulture (2021) la definición de listas de control de mantenimiento es:

Las listas de control de procedimiento de mantenimiento y los libros de registro son herramientas que utilizan los técnicos para documentar las inspecciones de mantenimiento del equipo. El mantenimiento de equipos implica el proceso continuo de verificación, reparación y servicio de equipos operativos para garantizar que las empresas puedan operar sin interrupciones. Las listas de control de mantenimiento se pueden utilizar para realizar un mejor seguimiento de los registros de las acciones realizadas con fines de seguridad y calidad.

### ***1.9.10. Programación***

Según describe Equipo Editorial Etecé (2020):

La programación es el acto de programar, es decir, organizar una secuencia de pasos ordenados a seguir para hacer cierta cosa, el principal objetivo de la programación es definir instrucciones para que un ordenador pueda ejecutar sistemas, programas y aplicaciones que sean eficaces, accesibles y amigables para el usuario.

### ***1.9.11. Estadística***

En lo que respecta a la definición de estadística se puede definir como:

[...] una disciplina científica formal y deductiva, a menudo considerada rama de las matemáticas, que estudia la variabilidad y las leyes de la probabilidad, a través de herramientas diversas, tanto conceptuales como de muestreo, comprende los métodos y procedimientos necesarios para recolectar información de la realidad y organizarla, contextualizarla y clasificarla para poder obtener conclusiones viables, expresadas matemáticamente. (Equipo editorial Etecé, 2020)

### ***1.9.12. Manual de procedimientos***

En lo referente al termino Equipo Editorial Etecé (2021) indica que:

Un manual de procedimientos es un documento que brinda información respecto a las distintas operaciones que realiza una organización, empresa o un departamento específico de ella. Es preparado por la misma institución u organización donde es utilizado y presenta su información de forma detallada, ordenada, sistematizada y comprensible”. Permite orientar al trabajador en sus tareas y facilita el control interno.

Al implementar estos manuales se podrá llevar un control más ordenado, en cuanto a los procedimientos a realizar para cada equipo, dichos manuales brindarán los pasos a seguir para cada operación por realizar.

### ***1.9.13. Período entre fallas***

Eurofins Envira Ingenieros Asesores (2021) lo define como:

El MTBF es un indicador de mantenimiento muy importante para cualquier empresa que quiera llevar el control de sus activos, equipos, maquinaria, y cuyas siglas en inglés significan Mean Time Between Failures o en español Tiempo Medio Entre Fallos.

Como su propio nombre indica el MTBF se podría definir como el indicador o KPi que mide el tiempo medio entre fallos de un equipo o lo que es lo mismo, el tiempo medio que transcurre entre dos averías. Cualquiera de estas definiciones podría servir para entender el significado del MTBF.

A continuación, se detalla su respectiva fórmula:

$$\text{MTBF} = (\text{Tiempo Total Disponible} - \text{Tiempo de inactividad}) / \text{Número de Paradas}$$

### ***1.9.14. 5s***

En lo que refiere al método de las 5s Eurofins Envira Ingenieros Asesores (2020) lo define como:

El método de las 5s es un concepto que aplicado continuamente a la gestión y administración del puesto de trabajo conduce a un proceso de mejora continua, consiguiendo mejorar la productividad, competitividad y calidad en las empresas. Su principal objetivo es mantener y mejorar las condiciones de organización, orden y limpieza,

así como mejorar las condiciones de trabajo, seguridad, clima laboral, motivación personal y eficiencia. es una cultura de trabajo, mediante la práctica planificada de los conceptos básicos de la calidad total. La implantación del método de “las 5S” supone un pilar básico para edificar un proceso de mejora continua firme y duradera.

#### **1.9.15. Valor actual neto (VAN)**

Mete (2014) definió el valor actual neto como:

[...] valor actual/presente de los flujos de efectivo netos de una propuesta, entendiéndose por flujos de efectivo netos la diferencia entre los ingresos periódicos y los egresos periódicos”. A la vez establece que “Para actualizar esos flujos netos se utiliza una tasa de descuento denominada tasa de expectativa o alternativa/oportunidad, que es una medida de la rentabilidad mínima exigida por el proyecto que permite recuperar la inversión, cubrir los costos y obtener beneficios.

A continuación, se detalla su respectiva fórmula:

*Figura 3. Fórmula del valor actual neto*

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Donde:

- $F_t$  son los flujos de caja en cada periodo (t).
- $I_0$  representa la inversión inicial.
- $n$  es el número de periodos que se está calculando.
- $k$  es la tasa de descuento.

*Nota:* (Arcoya, 2017)

### 1.9.16. Tasa Interna de Retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno es definida por Mete (2014) como

...la tasa de descuento que iguala el valor presente de los ingresos del proyecto con el valor presente de los egresos. Es la tasa de interés que, utilizada en el cálculo del Valor Actual Neto, hace que este sea igual a 0". A la vez indica que "El cálculo de la TIR puede resultar muy complejo si la vida útil del proyecto excede los dos períodos. En ese caso, la solución requiere considerar a la TIR como incógnita en la ecuación del Valor Actual Neto, ya que ella tiene la particularidad de ser la única tasa que hace que el resultado de aquel sea igual a 0.

A continuación, se detalla su respectiva fórmula:

Figura 4. Fórmula de la Tasa Interna de Retorno

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1 + TIR)} + \frac{F_2}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1 + TIR)^n} = 0$$

Nota: (Sevilla, 2014)

Donde:

$F_t$  son los flujos de dinero en cada periodo  $t$ .

$I_0$  es la inversión realiza en el momento inicial ( $t = 0$ ).

$n$  es el número de periodos de tiempo.

### 1.9.17. Retorno de la inversión (ROI)

El retorno de inversión o ROI se puede conceptualizar de la siguiente manera:

El ROI es una métrica que permite evaluar el retorno de una inversión, por lo que se trata de un indicador favorable para medir el éxito de la implementación TI por parte de los gestores, es un valor que mide el rendimiento económico que se obtiene al realizar una inversión. (AMBIT Building Solutions Together, 2020)

En lo que respecta a la fórmula AMBIT Building Solutions Together (2020) cita:

La fórmula para calcular el ROI es la diferencia entre el ingreso y la inversión, dividida por la inversión:  $ROI = (\text{Ingreso} - \text{Inversión}) / \text{Inversión}$ . Este resultado da una cifra que indica el retorno obtenido por la inversión y suele convertirse a porcentaje para analizar este retorno.

#### ***1.9.18. Metodología Harvey Balls***

Según SlideModel (2019) la metodología Harvey Balls “son un tipo de indicador de estado que se usa comúnmente para comparar en presentaciones e informes. Estos son ideogramas para la comunicación visual y la representación de información cualitativa”.

De acuerdo con lo citado anteriormente esta metodología nos permite transformar algo cualitativo en cuantitativo, comparándola así con otras variables.

### **1.10. Tecnologías de la información**

#### ***1.10.1. Software MP***

De acuerdo con MP Gestión de Mantenimiento Panamá S.A., (2021) MP es un “es un CMMS o software profesional para el control y la administración del mantenimiento, que ayuda a tener organizada toda la información que requiere el departamento de mantenimiento de la empresa”.

Este software es de gran utilidad debido a que es posible mantener documentada y organizada toda la información sobre los equipos de la empresa, sus ubicaciones y planes de mantenimiento, de manera digital, administra órdenes de trabajo, genera reportes y gráficos de utilidad, entre otros.

### ***1.10.2. Software Fracttal One***

En lo que refiere al software Fracttal One la empresa Fracttal Tech S.L (2023) cita:

es una innovadora solución para la gestión de activos que, integrando los beneficios de un software de gestión de mantenimiento GMAO o CMMS y de gestión de activos empresariales EAM, con la movilidad de una APP y la inmediatez del Internet de las Cosas, te ofrece el control de todos los activos de tu empresa en un mismo lugar.

Este software permite el control de mantenimiento de los equipos, la gestión de los recursos brinda métricas en tiempo real, mejora el desempeño financiero, los servicios y la sustentabilidad en la organización, además permite tomar mejores decisiones y mejorar la eficiencia y eficacia en la empresa, debido a lo mencionado es que brindará ayuda en la realización de este proyecto.

### **CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO**

### **1.11. Tipo de investigación**

Es necesario definir el tipo de investigación que se llevará a cabo en la empresa Pilotes Preexcavados de Costa Rica S.A., de acuerdo con la definición del problema y los objetivos planteados. En este caso, el presente proyecto corresponde a una investigación mixta, ya que combina características de una investigación cuantitativa y cualitativa.

Es importante tener en cuenta que según Rus Arias (2021) se puede definir a la investigación cualitativa de la siguiente manera:

la investigación cualitativa analiza datos no numéricos con el objetivo de obtener una aproximación exploratoria a los fenómenos que estudia, este tipo de investigación se centra en el análisis, en profundidad, de un tema concreto. Habitualmente, busca conocer el objeto de estudio de forma detallada para, posteriormente, poder realizar otras, como las de tipo cuantitativo.

Alguno de los métodos que se utilizan en este tipo de investigación son: entrevistas, estudio del caso, paneles de expertos, grupos focales, entre otros.

Por otra parte, una investigación cuantitativa es “aquella que utiliza métodos cuantitativos e inferencia estadística con el objetivo de extrapolar los resultados de una muestra a una población, analiza un volumen elevado de datos. Además, estudia variables cuantitativas, es decir, numéricas” (Rus Arias, 2021). Los pasos para seguir para realizar este tipo de investigación son: definición del problema, metodología, análisis, interpretación de resultados, entre otros.

Por último, la investigación mixta según Rus Arias (2020) es:

[...] aquella que aúna los métodos cuantitativos y cualitativos, con el fin de disponer de las ventajas de ambos y minimizar sus inconvenientes, lo que hace es utilizar los dos métodos,

pudiendo así conseguir un estudio más completo y detallado sobre un fenómeno determinado.

Por lo tanto, este proyecto es del tipo mixto, en la cual se realizará una investigación cualitativa del problema planteado anteriormente y con los datos obtenidos se procederá a realizar un análisis con el fin de obtener una solución a la problemática, debido a que con este tipo de investigación se obtendrán mejores resultados.

### **1.12. Alcance de la investigación**

El alcance de este proyecto se define como descriptivo y explicativo, los cuales se describen a continuación.

#### ***1.12.1. Estudio descriptivo***

La investigación descriptiva se puede definir como:

[...] analiza las características de una población o fenómeno sin entrar a conocer las relaciones entre ellas, por tanto, lo que hace es definir, clasificar, dividir o resumir; sin embargo, no entra a analizar el porqué del comportamiento de unas respecto a otras. En este caso deberemos recurrir a otras técnicas como la investigación correlacional o la explicativa. (Rus Arias, 2020)

Este tipo de investigación se relaciona con el proyecto porque se enfoca en un proceso y para poder realizar un análisis y encontrar una posible solución al problema es necesario la toma de datos, evitando problemas similares a futuro.

#### ***1.12.2. Estudio explicativo***

Según lo mencionado por Rus Arias (2020), la investigación explicativa se define como:

[...] estudia fenómenos puntuales nuevos o que no se han abordado en profundidad. El objetivo de dicha investigación es proporcionar conocimientos relevantes sobre ellos, tiene como objetivo ampliar el conocimiento ya existente sobre algo de lo que sabemos poco, o nada. De esta forma, se centra en los detalles, permitiéndonos conocer más a fondo un fenómeno.

Este tipo de investigación es importante debido a que es necesario buscar, establecer y analizar las causas raíz del problema mencionado anteriormente, en cuanto a la gestión de mantenimiento de los equipos, con el fin de plantear una solución a dichas causas.

### **1.13. Fuentes de información**

Las fuentes de información son quienes nos brindan toda la información necesaria para el desarrollo de la investigación de un tema determinado, contienen datos que son útiles para la investigación mencionada.

A continuación, se detallan los tres tipos de fuentes de información que existen.

#### ***1.13.1. Fuentes primarias***

Según Coll Morales (2021), las fuentes primarias son:

La fuente primaria es uno de los distintos tipos de fuente de información. Esta proporciona información nueva y original, siendo el resultado de una investigación o trabajo intelectual, contiene información que no ha sido alterada, interpretada o analizada por otros autores, sino que es del propio autor. En otras palabras, información que se mantiene intacta desde su elaboración.

Algunos ejemplos de este tipo fuente son: libros, artículos de publicaciones periódicas, monografías, tesis y disertaciones, documentos oficiales, reportes de asociaciones, autobiografía, cartas, cuadros o pinturas, fotos o videos, entre otros.

### ***1.13.2. Fuentes secundarias***

Las fuentes secundarias pueden ser definidas de la siguiente manera:

La fuente secundaria es uno de los distintos tipos de fuente de información. Esta proporciona información organizada, elaborada, producto de análisis de terceros, traducciones, o la reorganización de una información obtenida de una fuente primaria, contiene información ampliada de los resultados que expone la fuente primaria. En otras palabras, se trata de aquel contenido que se ha ido generando a partir de una fuente primaria. Puede ser un análisis, una valoración, una traducción o algún contenido que nos relacione con la fuente primaria. (Coll Morales, 2021)

Algunos ejemplos de este tipo fuente son: biografía, traducciones de textos, artículos, informes o estudios, revistas, entre otros.

### ***1.13.3. Fuentes terciarias***

Coll Morales (2021) menciona que las fuentes terciarias pueden definirse como:

La fuente terciaria es uno de los distintos tipos de fuente de información. Esta proporciona información depurada que ha sido extraída de fuentes primarias y secundarias, es un mix entre la fuente primaria y la fuente secundaria, con información filtrada para transmitirla al lector o investigador.

Algunos ejemplos de este tipo fuente son: Manuales universitarios y libros de texto, resúmenes y cronologías, entre otros.

En la siguiente tabla se muestran las fuentes de información que serán utilizadas para la realización de este proyecto:

*Tabla 2. Fuentes de información*

<b>Fuentes primarias</b>	<b>Fuentes secundarias</b>	<b>Fuentes terciarias</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrevistas a los encargados de mantenimiento.</li> <li>• Datos históricos proporcionados por la organización.</li> <li>• Consultas de manuales de procedimientos.</li> <li>• Fichas técnicas de los equipos.</li> <li>• Tesis académicas.</li> <li>• Libros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comentarios del personal de la empresa.</li> <li>• Fuentes de información electrónicas.</li> <li>• Diccionarios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bibliografías de documentos relaciones al proyecto.</li> </ul>

*Nota:* Elaboración propia

#### **1.14. Instrumentos y técnicas de recolección de datos**

Santos (2022) se refiere a la recolección de datos de la siguiente manera:

La recolección de datos es un método por el cual las empresas recopilan y miden información de diversas fuentes, a fin de obtener un panorama completo, responder preguntas importantes, evaluar sus resultados y anticipar futuras tendencias. Este proceso busca reunir y medir información de diferentes fuentes para obtener una visualización

completa y precisa acerca de un tema, zona o situación de interés. Dicho de otra forma: evalúa resultados para una mejor toma de decisiones.

Con lo mencionado por Santos, se determina la importancia que tiene una adecuada recolección de datos en una investigación, por lo tanto, es necesario realizar una buena selección de herramientas con el fin de obtener la información que se requiere.

A continuación, se enlistan algunas técnicas de recolección de datos que se utilizarán en el presente proyecto:

- a. Observaciones: Se observarán los problemas mencionados, para analizarlos y así obtener información de tipo cuantitativa y cualitativa.
- b. Cuestionarios o Encuestas: Este método es utilizado para recolectar datos muy precisos, permiten realizar un análisis más rápido, pero se debe de aplicar cuidadosamente.
- c. Grupos Focales (*Focus Group*): Se realizarán reuniones con el personal involucrado, con el fin de obtener diversos puntos de vista y así obtener varias conclusiones sobre el problema a resolver.
- d. Entrevistas: Se formularán preguntas con el fin de obtener la información requerida.

### **1.15. Procedimientos metodológicos de la investigación**

A continuación, se detallarán los tópicos de los procedimientos metodológicos de la presente investigación.

#### ***1.15.1. Población de interés***

La población de estudio abarca a los encargados de mantenimiento, departamento de logística, encargados de proyectos y operarios.

### ***1.15.2. Tipo de muestreo***

El tipo de muestreo que se utilizará será el de conveniencia, donde se realizarán entrevistas de forma aleatoria al personal de mantenimiento, encargados de proyectos y de logística, con el fin de adquirir mayor conocimiento sobre los equipos y los problemas que se presentan.

### ***1.15.3. Tamaño de la muestra***

Se calculará el tamaño de la muestra de acuerdo con el tamaño de la población, margen de error, nivel de confianza y desviación estándar. A continuación, se detalla la fórmula para calcular el tamaño de la muestra:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Donde:

n: Es el tamaño de la muestra que se busca

N: Es el tamaño de la población

Z: Es el Parámetro estadístico dependiente del nivel de confianza

e: Es el error de estimación máximo que se acepte

p: Es la probabilidad que ocurra

q: Es la probabilidad que no ocurra

### ***1.15.4. Unidad informante***

La unidad informante es quien se encarga de liderar el proceso; en este proyecto será el personal encargado de utilizar los equipos y el departamento de logística quienes brindarán la información de los fallos que se presenten en cada uno de ellos.

### 1.16. Definición, operacionalización e instrumentación de las variables

A continuación, se detalla el cuadro de variables a utilizar en el presente proyecto, referente a los objetivos específicos.

Tabla 3. Cuadro de variables

<b>Objetivo específico</b>	<b>VARIABLES DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>Conceptualización de la variable</b>	<b>Definición instrumental</b>	<b>Indicadores</b>
Identificar el sistema de gestión actual de mantenimiento de equipos.	Proceso actual del sistema de mantenimiento.	Corresponde al proceso que se lleva a cabo para realizar el mantenimiento de los equipos.	Diagrama de Flujo. Revisión de sistemas y documentos. Entrevistas a los encargados de mantenimiento.	Conocimiento de la problemática. Flujo actual del proceso. Recolección de información.
Determinar las principales necesidades que posee la organización para el mantenimiento o los cumplimientos que se requieren para un adecuado estado de los equipos.	Necesidades de la organización para el mantenimiento de los equipos.	Se refiere a las carencias que presentan los equipos en cuanto a su mantenimiento y control.	Diagrama de Pareto. Estudios de confiabilidad.	Identificar y analizar la problemática. Defectos con mayor frecuencia. Cantidad de manuales de procedimientos existentes. Información de las acciones que se realizan.
Diseñar un sistema que permita mantener una alta operatividad de los equipos.	Propuesta de mejora.	Creación de un nuevo sistema de mantenimiento de equipos (preventivo, correctivo y productivo total).	Check list de procedimientos. Check list de equipos. Check list de fichas técnicas. Lista de control de horas. Programación. Estadística.	Manejo de equipos en tiempo real. Disminución de fallas. Identificación de mantenimientos preventivos y correctivos. Tiempos de trabajo de los equipos.

Establecer métodos de control con el fin de estabilizar y mantener, la operatividad de los equipos.	Mecanismos de control y mantenimiento.	Permiten que la propuesta se desarrolle de forma adecuada.	KPI de mantenimiento. Período entre fallas (tempranas, adultas y tardías)	Conocimientos de la información para analizar la eficiencia operativa. Mejorar y mantener las correcciones en la organización.
Estimar el costo del nuevo sistema de mantenimiento de los equipos.	Valoración de la propuesta.	Se refiere al análisis del grado del impacto financiero.	Valor actual neto. Retorno de la inversión. Período de recuperación. Impacto y beneficio.	Evaluación de la propuesta y el impacto y beneficio de esta en la organización.

*Nota:* Elaboración propia





## **CAPÍTULO IV. MARCO SITUACIONAL**

### **1.18. Introducción**

El presente proyecto se llevará a cabo en la empresa Pilotes Preexcavados de Costa Rica S.A., una compañía especializada en la construcción geotécnica. El enfoque principal de este proyecto estará en el área de gestión de mantenimiento de equipos.

### **1.19. Reseña de la empresa e historia**

Pilotes Preexcavados de Costa Rica nace a raíz del conocimiento de los suelos en nuestro país y la necesidad de construir en aquellos que no tienen una buena capacidad portante o que son inestables, así como para agilizar los procesos constructivos. Se fundó el 14 de febrero de 2008 en Alajuela, Costa Rica. Gracias a su amplia experiencia, cuentan con más de 343 proyectos realizados con éxito.

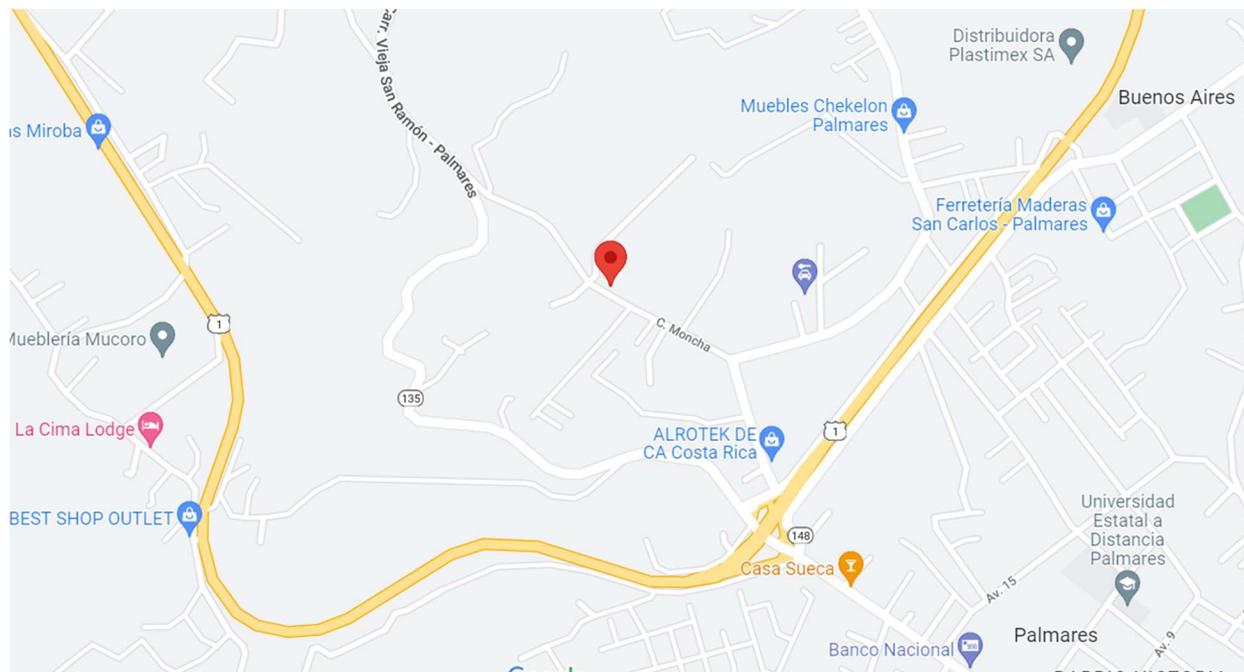
La empresa cuenta con un equipo calificado de ingenieros y personal técnico experimentado, así como con herramientas tecnológicas de avanzada y equipos importados especialmente diseñados para la construcción geotécnica. Además, se adhieren a las normativas de salud ocupacional con el propósito de brindar eficiencia, seguridad y rentabilidad a sus clientes en el desarrollo de sus proyectos.

Pilotes Preexcavados de Costa Rica se esfuerza por llevar a cabo los proyectos de la mejor manera posible, asegurando la calidad de sus servicios y cumpliendo con los más altos estándares en el campo de la construcción geotécnica. (Pilotes Preexcavados, s.f.).

### **1.20. Ubicación**

Pilotes Preexcavados de Costa Rica tiene su ubicación en la Calle Moncha, Barrio La Y Griega, Palmares, Alajuela, Costa Rica. Se encuentra a 500 metros al noroeste de la entrada a Palmares.

Figura 6. Ubicación Pilotes Preexcavados de Costa Rica S.A.



Nota: Google Maps

## 1.21. Organigrama

A continuación, se detalla el organigrama de la empresa.

Figura 7. Organigrama de la empresa.



Nota: Elaboración propia

### 1.22. Servicios

- Anclajes
- Concreto lanzado

- Drenajes horizontales y verticales
- Estabilización de taludes
- Inyecciones
- Micropilotes (inyección repetitiva selectiva o barra autoperforante)
- Muros anclados
- Perforación direccional
- Perforación horizontal (Cruce de calles hasta 90 cm de diámetro)
- Pilotes
- Recalce de estructuras
- Sondeos Geotécnicos (rotación)
- Suelo cosido

### **1.23. Estrategia empresarial**

#### ***1.23.1. Misión***

Ser la empresa costarricense capaz de construir en los suelos que no cuentan con buena capacidad portante o que son inestables, así como para agilizar los procesos constructivos, tanto dentro como fuera del territorio costarricense. (Pilotes Preexcavados, s.f.).

#### ***1.23.2. Visión***

Ser una empresa reconocida en el país por la excelencia en nuestro trabajo mediante resultados de confort y seguridad convirtiéndonos en ejemplo de compromiso con la sociedad al cumplir estrictamente todas las normas que impliquen bienestar, seguridad y satisfacción para nuestros clientes y el medio ambiente. (Pilotes Preexcavados, s.f.).

### ***1.23.3. Valores***

En Pilotes Preexcavados de Costa Rica S.A. valoramos a las personas y a los empleados, tenemos prioridad en el cuidado de los derechos de los colaboradores, sus familias, buscamos los mejores beneficios de los clientes y aseguramos el valor de nuestros servicios, utilizando equipos de calidad, valoramos a la vez, el respeto hacia los demás, la responsabilidad y la honestidad de las personas. (Pilotes Preexcavados, s.f.).

- Compromiso
- Empatía
- Excelencia
- Honestidad
- Respeto
- Responsabilidad
- Transparencia

### ***1.23.4. Política de calidad***

La política de calidad de la empresa se detalla como “Proporcionar servicios seguros, eficientes y efectivos que satisfagan las necesidades de los clientes, asegurando el cumplimiento de todas las regulaciones aplicables en el territorio costarricense”.

- Asegurar el cumplimiento de todas las regulaciones aplicables de cada proceso en el territorio costarricense.
- Mejorar continuamente el rendimiento de la sostenibilidad.
- Mejorar y mantener la efectividad del Sistema de Gestión de Calidad de los servicios.

- Proporcionar servicios seguros y efectivos que satisfagan las necesidades de los clientes.

### 1.23.5. FODA

A continuación, se detalla análisis FODA de la empresa.

Tabla 4. FODA.

<b>Fortalezas</b>	<b>Debilidades</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Excelentes instalaciones.</li> <li>• Excelentes tratos al personal.</li> <li>• Experiencia en el mercado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incumplimiento en los tiempos de entrega de los proyectos.</li> <li>• Realización de muchos procesos manuales.</li> </ul>
<b>Oportunidades</b>	<b>Amenazas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción de los tiempos de entrega.</li> <li>• Reforzar la capacitación al personal.</li> <li>• Actualizar los métodos de trabajo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Competencia con costos más económicos.</li> <li>• Variación en el tipo de cambio.</li> <li>• Secuelas por la pandemia del COVID-19.</li> </ul>

*Nota:* Elaboración propia.

En el análisis FODA de la empresa, se identifican diversas fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.

En cuanto a las fortalezas, se destaca la confianza que la empresa ha logrado construir con sus clientes a lo largo del tiempo de operación. Asimismo, se menciona el enfoque en brindar un trato de calidad a los clientes.

En relación con las oportunidades, se refiere a los aspectos que la empresa debe mejorar para alcanzar un crecimiento organizacional y cumplir objetivos de manera exitosa. Esto incluye la expansión y posicionamiento tanto a nivel nacional como internacional.

Por otro lado, las debilidades son factores que pueden afectar negativamente la rentabilidad de la empresa. Por ejemplo, el incumplimiento en los tiempos de entrega de los proyectos puede generar multas elevadas por parte de los clientes. Además, los procesos manuales pueden ser más lentos y menos eficientes.

En cuanto a las amenazas, se mencionan los factores externos que pueden afectar el negocio y generar pérdidas para la empresa. Entre ellos, se destaca la competencia, especialmente aquella que busca ofrecer precios más bajos. También se menciona la crisis del tipo de cambio como resultado de la guerra entre Rusia y Ucrania, lo cual afecta los proyectos que se cobran en dólares mientras que los pagos se realizan en colones.

#### ***1.23.6. Mercado***

El mercado al que se dirige la empresa incluye a todo el público que requiera servicios de sondeos geotécnicos, tales como proyectos de estabilización, reforzamiento, mejoras de suelos, muros de contención, muros anclados y servicios similares.

#### ***1.23.7. Clientes***

Algunos de los principales clientes de la empresa son:

- Autopistas del Sol S.A.
- Empresa Propietaria de la Red S.A.
- DICOMA S.A.
- SADE S.A.

### ***1.23.8. Proveedores***

Algunos de los principales proveedores de la empresa son:

- Maderas y Materiales Elky María de Naranjo S.A.
- Aliados Agroindustriales ALAISA
- MACCAFERRI de Costa Rica
- Aceros Abonos Agro S.A.

### ***1.23.9. Competencia***

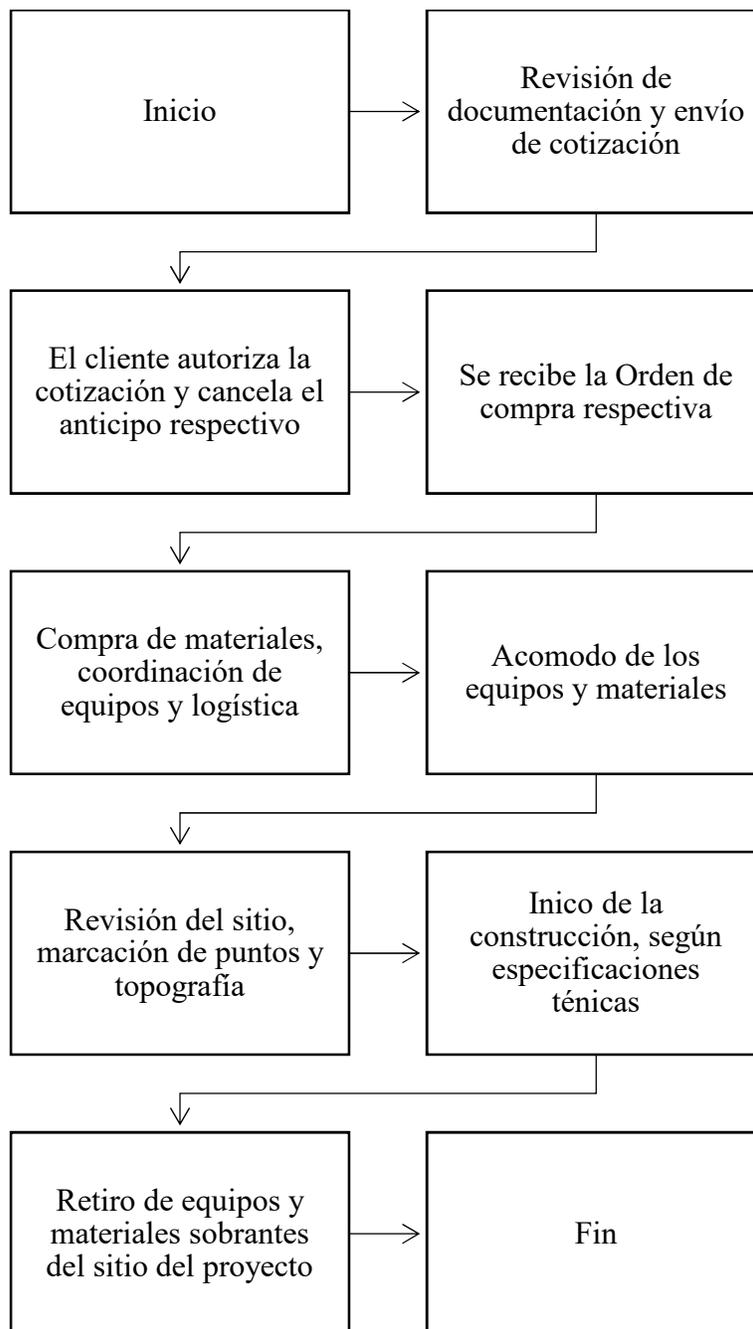
Pilotes Preexcavados de Costa Rica tiene competencia en el mercado de la construcción geotécnica. Algunas de las empresas competidoras son las siguientes:

- GEOINTER DE COSTA RICA
- GEOFORTIS
- RODIO SWISSBORING
- DGEO

### ***1.23.10. Macroproceso***

En el siguiente apartado se detallará el macroproceso general de la empresa.

Figura 8. Macroproceso general



*Nota:* Elaboración propia.

En la figura anterior se describe de forma general el proceso que se lleva a cabo al iniciar un nuevo proyecto.

El proceso comienza con la recepción de la información del proyecto por parte del cliente. Luego, se realiza una revisión detallada de la información para proporcionar una cotización al cliente. Una vez que el cliente revisa y aprueba la cotización, procede a realizar el pago del anticipo y enviar la orden de compra u orden de inicio.

A continuación, se lleva a cabo la compra de materiales, la coordinación del equipo y del personal, así como cualquier otra logística necesaria para dar inicio al proyecto. Los equipos y materiales se trasladan al sitio del proyecto y se acomodan de acuerdo con las indicaciones del cliente.

Se realiza una revisión del sitio de trabajo con la supervisión del cliente. En este momento, el personal del cliente procede a marcar los puntos de trabajo y realizar una revisión topográfica para iniciar la elaboración del trabajo contratado.

Es importante tener en cuenta que, aunque los proyectos pueden tener similitudes, cada uno es único y se adaptará a las especificaciones y necesidades específicas del cliente y del diseño. Una vez que se completa la construcción siguiendo las especificaciones y el diseño, se realiza una última revisión conjunta con el cliente para garantizar la satisfacción y la calidad del proyecto.

Finalmente, se entrega el proyecto al cliente y se retiran del sitio los equipos y materiales, en caso de que existan sobrantes.

## **CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

## 1.24. Consideraciones

Pilotes Preexcavados de Costa Rica S.A. es una empresa con más de 15 años de experiencia en el mercado de la construcción geotécnica. A lo largo de los años, ha diversificado sus servicios para adaptarse a las necesidades del mercado.

El presente proyecto se enfocará en el área de mantenimiento de equipos, con el objetivo de mejorar el sistema actual de gestión de mantenimiento. Se busca implementar un proceso más eficiente que reduzca costos, evite retrasos en las obras y aumente la productividad de los equipos.

En la actualidad, el mantenimiento de los equipos es responsabilidad del mecánico de la empresa. Sin embargo, debido a limitaciones de tiempo, en ocasiones los equipos no pueden ser llevados al taller para recibir el mantenimiento adecuado. En su lugar, el encargado del proyecto y algunos de sus compañeros realizan un mantenimiento rápido cuando es necesario.

Dadas las deficiencias identificadas en esta área, se ha decidido realizar un análisis en la organización para implementar mejoras.

A continuación, se presenta una lista de los equipos de la empresa, incluyendo sus características generales y el proyecto en el que se encuentran actualmente.

*Tabla 5. Lista de equipos y sus características*

<b>Nº</b>	<b>Marca / Modelo</b>	<b>Tipo de equipo</b>	<b>Año de fabricación</b>	<b>Color</b>	<b>Proyecto actual</b>
1	IMT Caterpillar	Pilotea	1998	Amarilla	Predio Taller
2	TeiRockDrills	Planta Hidráulica	2015	Gris	SADE Coronado
3	Power Deutz	Planta Hidráulica	2004	Naranja	Honduras
4	Tamrock	Perforadora	1991	Naranja	Predio Taller
5	Svedala	Perforadora	1998	Blanco	Predio Taller

6	Williams White	Pilotería	1985	Naranja	Predio Taller
---	----------------	-----------	------	---------	---------------

*Nota:* Elaboración propia.

### ***1.24.1. Procesos por intervenir.***

A continuación, se detallan los procesos que requieren intervención y sus posibles causas, según la entrevista realizada al encargado de proveeduría y taller de la empresa.

*Figura 9. Procesos a analizar.*

Área de taller	Área de logística
<ul style="list-style-type: none"> <li>• No existe un plan de mantenimiento preventivo.</li> <li>• No se realizan revisiones periódicas.</li> <li>• Desconocimiento de procesos y funciones.</li> <li>• Ejecución de terceros mal efectuado.</li> <li>• Reparación inadecuada.</li> <li>• Falta de monitoreo.</li> <li>• Fallos en la reparación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incorrecto control de procesos.</li> <li>• Carencia de registros y formularios.</li> <li>• Inadecuado manejo de los formatos.</li> <li>• Inadecuado sistema para el control de los equipos.</li> </ul>

*Nota:* Elaboración propia.

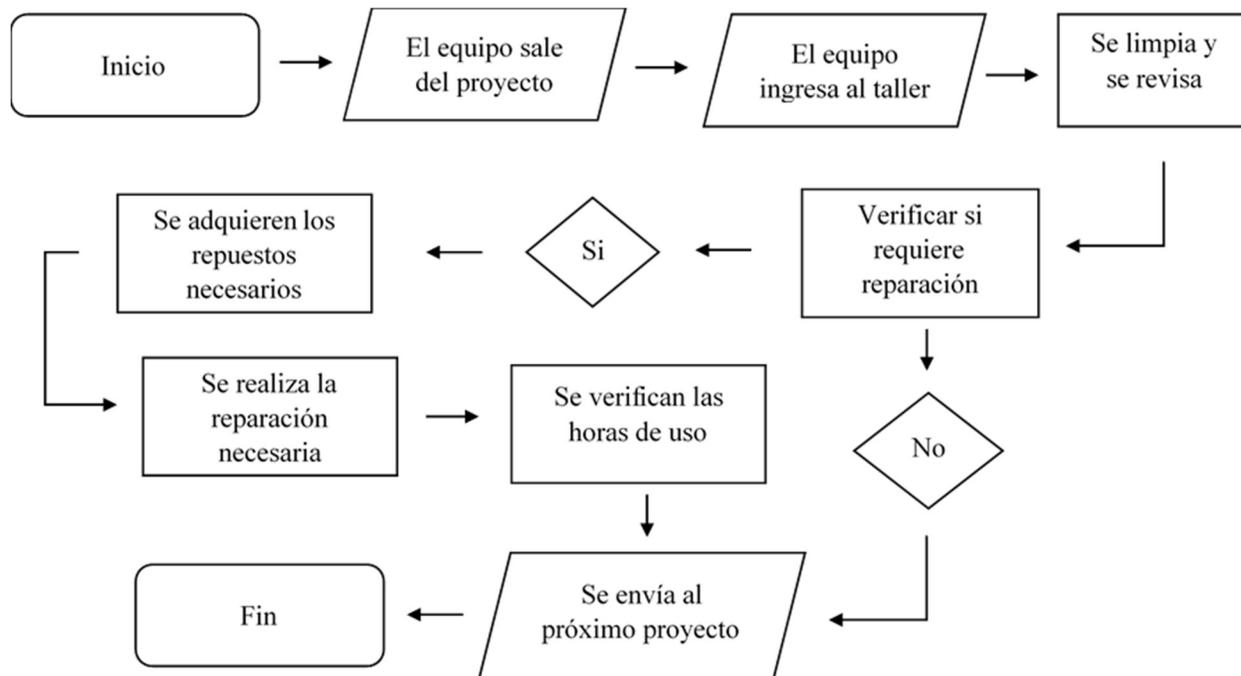
### ***1.24.2. Diagnóstico de la situación actual***

El diagnóstico de la situación actual nos muestra los procesos que se llevan a cabo en la organización actualmente, lo que nos permite analizar las áreas de mejora a estudiar utilizando diversas herramientas de ingeniería.

### ***1.24.3. Análisis cualitativo***

A continuación, se detalle el diagrama de flujo cuando el equipo se recibe en el taller.

Figura 10. Diagrama de Flujo del equipo en taller.



Nota: Elaboración propia.

Cuando el equipo ingresa al taller, se procede a revisarlo y limpiarlo. Se verifica si es necesario realizar alguna reparación. En caso de ser necesario, se localiza la falla y se busca el repuesto o sistema de cambio correspondiente. Una vez solucionada la falla, se revisan las horas de uso para determinar si es necesario realizar el mantenimiento general. En caso de no ser necesario, el equipo estará listo para ser trasladado a otro proyecto.

Durante el desarrollo del proyecto, no se realiza un análisis adecuado antes del inicio de las labores. Por ejemplo, no se revisa regularmente el nivel de agua ni el nivel de aceite antes de arrancar el equipo. Esto ocasiona que, en algunas ocasiones, el equipo se averíe durante el transcurso del día y se deba detener el proceso para realizar la corrección necesaria.

En cuanto a la empresa en general, no se lleva a cabo un adecuado control en el proceso de mejora del cambio. Esto se debe a la falta de establecimiento de nuevos objetivos de forma

constante y a la falta de regulación de los procesos actuales con determinación. Además, no se brinda capacitación de manera continua, lo que puede generar un impacto considerable en la empresa en caso de un cambio en los roles.

#### ***1.24.4. Análisis cuantitativo***

A continuación, se detalla el mapeo del proceso de la gestión del mantenimiento por medio de un SIPOC.

*Tabla 6. Diagrama SIPOC, Proceso de mantenimiento*

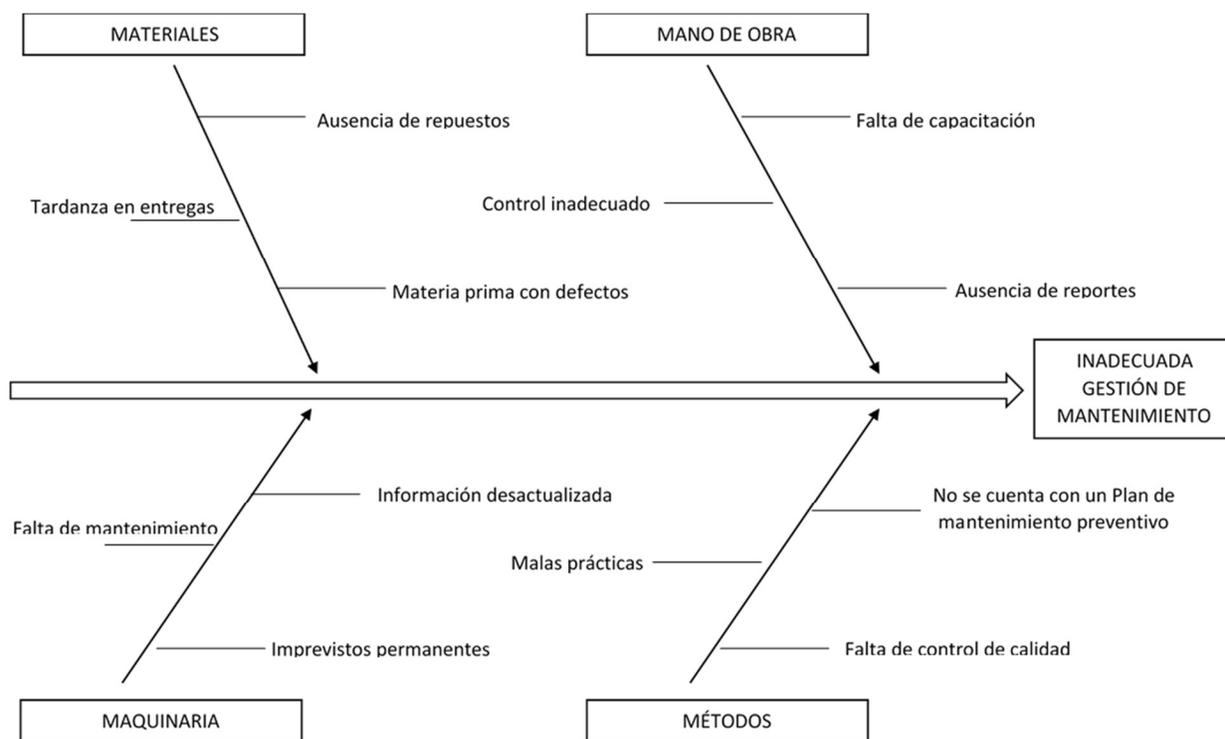
<b>PROVEEDORES</b>	<b>ENTRADAS</b>	<b>PROCESO</b>	<b>SALIDAS</b>	<b>CLIENTES</b>
Jefe de taller. Mecánico.	Repuestos. Herramientas. Materiales. Orden de trabajo.	Solicitud de permiso de trabajo. Evaluación de la maquinaria. Búsqueda de repuestos. Selección de herramientas. Reparación del equipo.	Equipo reparado. Informe de trabajo. Permiso de trabajo realizado.	Jefe de taller.

*Nota:* Elaboración propia.

Este diagrama permitió identificar los elementos claves en los ámbitos de proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes, describiendo las operaciones que se ejecutan en el área de mantenimiento.

Con el fin de obtener más información respecto a las causas de los problemas se realizó un diagrama de Ishikawa en donde se resumen las principales causas de estos.

Figura 11. Diagrama de Ishikawa



Nota: Elaboración propia

De acuerdo con el diagrama anterior se logra observar las distintas causas del problema en la gestión de mantenimiento en la organización, las cuales se explican a continuación.

#### 1.24.4.1. Materiales.

En este punto se identifica una problemática debido a la falta de una adecuada planificación. En algunas ocasiones, se presenta la ausencia de repuestos en Costa Rica, lo que requiere que se deban solicitar desde otros países. Esto provoca largos tiempos de espera para su llegada, así como un aumento en los costos asociados. Como consecuencia, las entregas de los proyectos se retrasan más allá de lo establecido, ya que el mantenimiento no puede llevarse a cabo en el tiempo esperado. Además, la presencia de materia prima defectuosa también ocasiona

retrasos en el proceso de mantenimiento y, en ocasiones, sobrecostos. Esta situación tiene un impacto directo en el cliente, quien se ve afectado por los retrasos en la ejecución de los proyectos.

#### ***1.24.4.2. Mano de obra.***

Este punto desempeña un papel importante en el proceso, debido a que la falta de capacitación del personal en ocasiones impide que el mantenimiento se realice de manera correcta. Esto resulta en un control inadecuado del proceso y retrasos en el avance del proyecto, ya que la maquinaria dañada no puede desempeñar sus funciones de manera eficiente. Además, la falta de reportes dificulta la trazabilidad del funcionamiento de las máquinas, impidiendo tener acceso a fechas importantes de mantenimiento y a un documento estandarizado que contenga las especificaciones necesarias.

#### ***1.24.4.3. Maquinaria.***

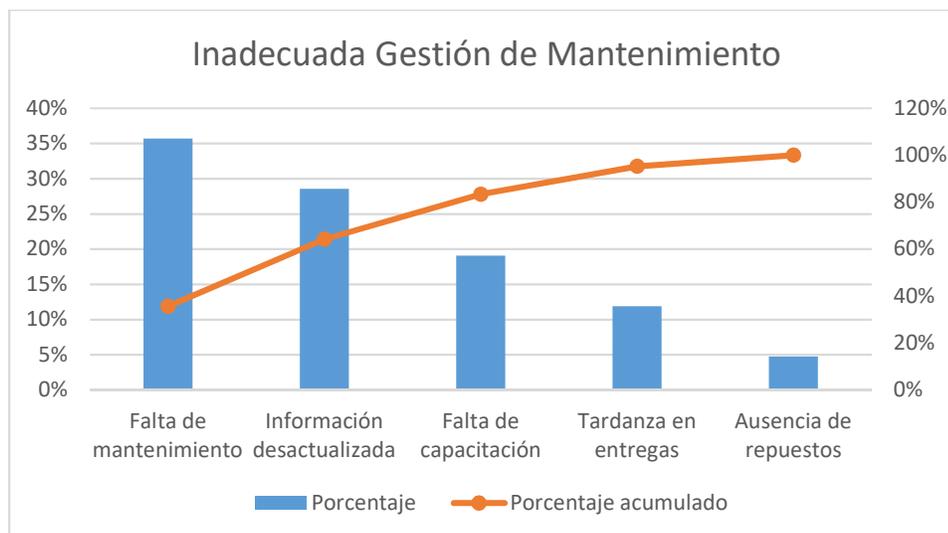
Debido a la información desactualizada de cada equipo, se tiene un descontrol en cuanto a su funcionamiento adecuado, lo que provoca fallas en cuanto a los mantenimientos preventivos y correctivos ocasionado imprevistos permanentes y por ende atrasos en las tareas cotidianas.

#### ***1.24.4.4. Métodos.***

El hecho de no contar con un adecuado mantenimiento preventivo provoca constantes daños en los equipos. Además, la falta de documentos estandarizados y explicativos resulta en la ejecución de tareas inadecuadas para corregir los problemas, lo que ocasiona una falta de control de calidad y afecta el funcionamiento adecuado de cada equipo.

De acuerdo con lo analizado en el punto anterior, se procede a realizar un Diagrama de Pareto con el fin de clasificar y ordenar las principales causas del problema, representándolas de manera gráfica y visualmente impactante.

Figura 12. Diagrama de Pareto de las causas principales



*Nota:* Elaboración propia

De acuerdo con el diagrama, se determina que el 64% de las principales causas del problema se deben a la falta de mantenimiento de los equipos, seguido de la información desactualizada con la que cuenta la empresa y la falta de capacitación del personal. Estos datos resaltan la importancia de llevar a cabo un análisis y una propuesta de mejora para abordar esta problemática.

Según la información presentada se detallan algunos indicadores de rendimiento que nos permitirán alcanzar los objetivos del presente proyecto guiándonos hacia la mejora continua:

- Indicadores relacionados con los Activos.
- Indicadores relacionados con la gestión de las Órdenes de Trabajo.
- Indicadores relacionados con el personal de Mantenimiento Industrial.

### 1.24.5. Resumen de la problemática.

A continuación, se presenta un diagrama de la metodología "Harvey Balls" para resumir la problemática. En él se indica la importancia de las principales causas según el número de incidentes. Se determina que las causas más relevantes son la falta de mantenimiento de los equipos y la información desactualizada de la empresa, seguidas de la falta de capacitación del personal.

Tabla 7. Resumen de la problemática

<b>Principales Causas</b>	<b>Importancia según N° de incidentes</b>
Falta de mantenimiento	●
Información desactualizada	◐
Falta de capacitación	◑
Tardanza en entregas	◒
Ausencia de repuestos	○

*Nota:* Elaboración propia.

## **CAPÍTULO IV. DISEÑO DE LA PROPUESTA**

En el presente capítulo se busca realizar una propuesta de mejora en el área de la gestión de mantenimientos, de acuerdo con las problemáticas detectadas en el capítulo V del presente documento, de las cuales surgen las propuestas a continuación. A continuación, se presenta un cuadro resumen de la situación actual y los requerimientos de mejora identificados.

*Tabla 8. Situación actual y requerimientos de mejora.*

<b>Situación actual de la empresa Pilotes Preexcavados de Costa Rica S.A.</b>		
<b>Mantenimiento de los equipos</b>	<b>Información desactualizada</b>	<b>Falta de capacitación del personal</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de un plan de mantenimiento preventivo.</li> <li>• Falta de un plan de mantenimiento correctivo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de un flujo constante de información y actualización.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta un plan de guía para capacitar al personal.</li> <li>• Falta un control de tareas de colaboradores.</li> <li>• Falta elaboración de formularios de control.</li> </ul>
<b>Requerimiento de mejora de la empresa Pilotes Preexcavados de Costa Rica S.A.</b>		
<b>Mantenimiento de los equipos</b>	<b>Información desactualizada</b>	<b>Falta de capacitación del personal</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar la funcionalidad de un sistema de control y seguimiento de equipos.</li> <li>• Establecer planes de mantenimiento preventivo y correctivo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer formularios de información de los equipos, con sus respectivas fichas técnicas y modos de empleo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer un plan de capacitación del personal.</li> <li>• Establecer métodos de control de tareas.</li> <li>• Establecer formularios de llenado de control de equipos.</li> </ul>

*Nota:* Elaboración propia.

### 1.25. Propuesta del mantenimiento de los equipos.

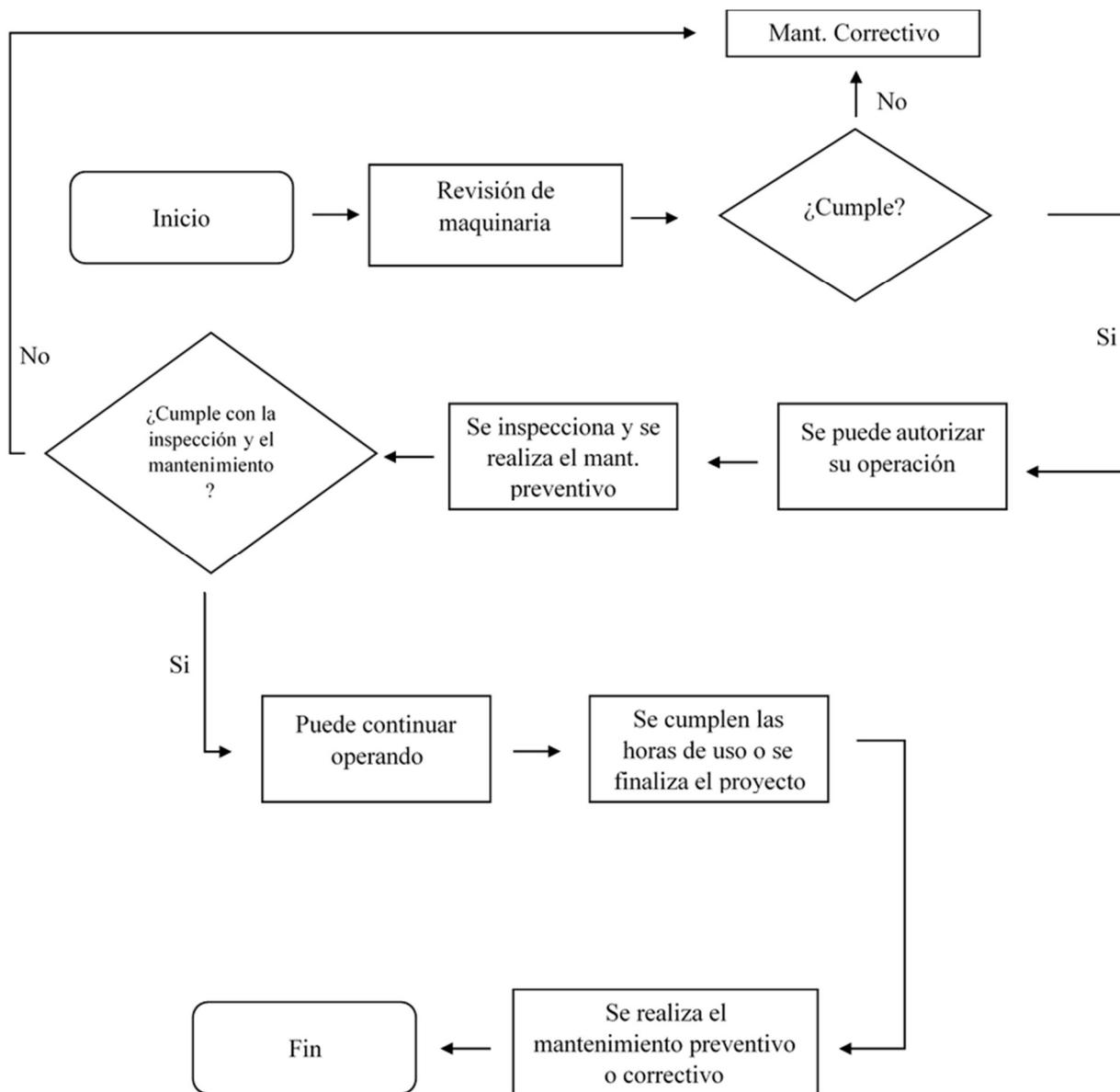
Tabla 9. Diagrama SIPOC, Propuesta de mantenimiento

<b>PROVEEDORES</b>	<b>ENTRADAS</b>	<b>PROCESO</b>	<b>SALIDAS</b>	<b>CLIENTES</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jefe de taller.</li> <li>• Mecánico.</li> </ul>	Mantenimiento preventivo y/o correctivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planificación de mantenimiento.</li> <li>• Programación de mantenimiento.</li> <li>• Ejecución de mantenimiento.</li> </ul>	Equipos en óptimo estado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mecánico.</li> <li>• Jefe de taller.</li> <li>• Operarios.</li> </ul>

*Nota:* Elaboración propia

Este diagrama permite identificar los elementos clave y describe las operaciones que se ejecutan en el área de mantenimiento preventivo y/o correctivo. A continuación, se presenta un flujograma de actividades detallando la forma en que se deben realizar dichas actividades.

Figura 13. Flujoograma de actividades



Nota: Elaboración propia

### 1.25.1. Propuesta N°1.

Según el análisis de la situación actual, se ha identificado la falta de planes de mantenimiento para los equipos. Por esta razón, se procede a analizar la funcionalidad de dos sistemas de control y seguimiento de equipos.

El primer sistema es el software GMAO - Fracttal One proporcionado por la empresa española Fracttal Tech S.L. Algunas de sus funcionalidades incluyen:

- Controla tareas y operaciones programadas, indica de manera automática las tareas pendientes, asigna las tareas a quien correspondan, ya sea a los técnicos o proveedores y administra los repuestos, las herramientas o los servicios.
- Permite el análisis de las actividades en tiempo real, permite visualizar la gestión del mantenimiento en gráficos y permite obtener informes para la toma de decisiones.
- Brinda informes avanzados e inteligencia de negocios.
- Permite la planificación de tareas, recursos y responsables, así como la creación de subtareas, como lo son *checklist*, validaciones, geolocalización, entre otros.
- Permite el registro de activos físicos y lleva el control de empresas de servicio, contratistas, entre otros.

El costo del servicio recomendado es el Starter, el cual tiene un valor de \$279,00 por mes o \$2 748,00 al año. Si se realiza el pago anual, se puede obtener un descuento del 20 % sobre el costo mensual.

Esta opción se recomienda especialmente para empresas pequeñas, ya que permite tener hasta 5 usuarios y acceso ilimitado a catálogos de ubicaciones y equipos, gestión de activos, órdenes de trabajo ilimitadas, gestión de almacén, entre otras funcionalidades.

El segundo sistema por analizar es el software MP de la empresa panameña MP Gestión de Mantenimiento. Algunas de sus funcionalidades incluyen:

- Brinda un panel de información para consultar de manera rápida la información del equipo o registro solicitado.
- Contiene un módulo de alertas que avisa sobre los aspectos relevantes de la gestión de mantenimiento que se debe de atender.
- Permite localizar todos los equipos ya sea en árboles de localizaciones dentro del programa, así como la ubicación geográfica de los activos.
- Brinda planes de mantenimiento rutinarios (preventivo) y no rutinarios (correctivo), controla las actividades, tiene la opción de calendario de mantenimiento.
- Genera órdenes de trabajo y análisis de información.

El costo del servicio recomendado es el MP Profesional versión 10 para 5 usuarios, el cual tiene un costo de \$2 540,00 al año.

Esta opción es especialmente adecuada para empresas pequeñas y medianas, ya que permite contar con hasta 5 usuarios y ofrece funcionalidades como la instalación y compartición de la base de datos, usuarios técnicos con consulta ilimitada, compatibilidad con la aplicación móvil, entre otros.

### ***1.25.2. Propuesta N°2.***

En caso de que la empresa decida no implementar un software de gestión de mantenimiento, se propone a continuación un plan de mantenimiento preventivo y un plan de mantenimiento correctivo.

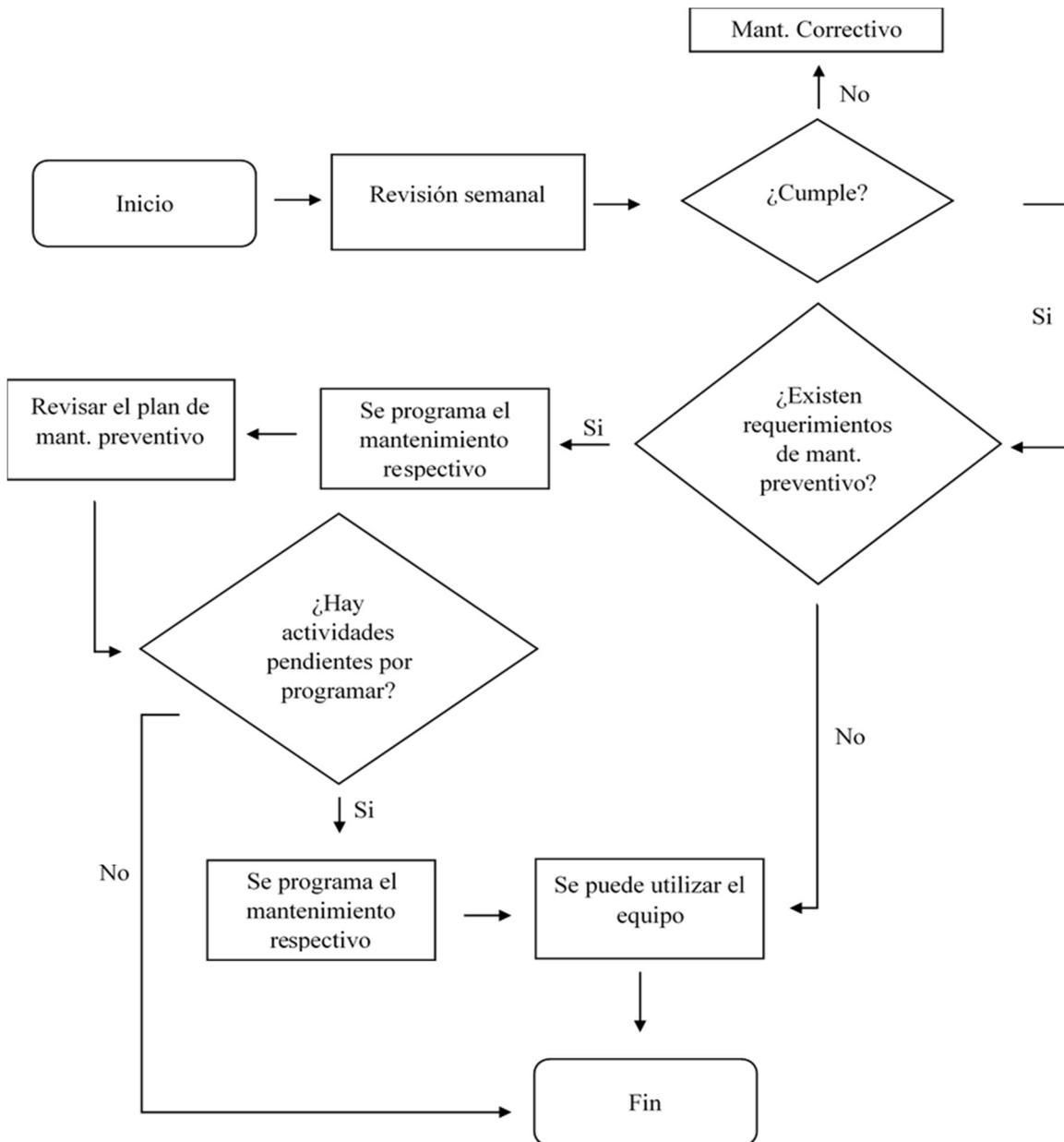
El plan de mantenimiento preventivo consiste en llevar a cabo un control de mantenimiento de máquinas, realizar modificaciones en los equipos cuando sea necesario, supervisar la producción y distribución de estos, realizar inspecciones y lubricaciones periódicas, llevar un

registro de los costos de mantenimiento, repuestos, materiales y mano de obra. El objetivo principal de este plan es reducir los tiempos de paralización, prolongar la vida útil de los equipos y disminuir los costos de producción.

Para garantizar un adecuado control de mantenimiento preventivo, se ha diseñado un formato de operación semanal que debe ser completado de manera regular. Este formato consiste en una lista de verificación que evalúa los aspectos fundamentales para el correcto funcionamiento de los equipos.

A continuación, se detalla el procedimiento propuesto para la ejecución del mantenimiento preventivo.

Figura 14. Diagrama de flujo. Procedimiento de Mantenimiento Preventivo



Nota: Elaboración propia.

Para que un plan de mantenimiento sea utilizado e implementado correctamente, es necesario trabajar con formatos en donde se digite información que brinde el registro de las

actividades en los equipos, obteniendo un control que facilite diagnosticar fallas o la identificación de malos usos en los mismos.

En el control semanal de mantenimiento, se registrarán semanalmente los datos de cada revisión realizada al equipo antes de operarlo. En la parte superior, del lado derecho del formato, se debe agregar el número de registro. A continuación, se debe indicar la semana en ejecución y el nombre del proyecto en el cual se está utilizando el equipo, seguido del nombre del equipo y su número de placa. En caso de que no se tenga el número de placa, se debe colocar "N.A." que significa "no aplica". Además, se debe mencionar el nombre del responsable encargado de completar el formulario.

Posteriormente, se debe llenar la información del control de horas del equipo en ejecución y prestar atención a algunos puntos importantes según su estado, ya sea bueno, regular o malo. Asimismo, se pueden agregar observaciones en caso de ser necesario.

## CONTROL SEMANAL DE MANTENIMIENTO



N°: \_\_\_\_\_

SEMANA N° \_\_\_\_\_ DEL \_\_\_\_\_ AL \_\_\_\_\_ PROYECTO \_\_\_\_\_

EQUIPO \_\_\_\_\_ Placa \_\_\_\_\_ RESPONSABLE \_\_\_\_\_

Se realizarán las operaciones que indique el manual de mantenimiento del equipo

DIA	HORAS DE FUNCIONAMIENTO	HORAS ACUMULADAS	MANTENIMIENTO (COLOCAR UNA CRUZ EN CASILLA CORRESPONDIENTE)					MANTENIMIENTO REALIZADO POR: _____
			TURNO	50 H	250 H	500 H	1000 H	
LUNES								
MARTES								
MIERCOLES								
JUEVES								
VIERNES								
SABADO								
DOMINGO								

← Colocar horas acumuladas de horómetro de semana anterior

A CONTROLAR	ESTADO			OBSERVACIONES
	B	R	M	
MOTOR DIESEL	Estado general			
	Humo del escape			
	Ruidos			
	Refrigeración			
	Arranque, baterías			
TRASLACION	Estado general			
	Rueda tensora			
	Rueda motriz			
	Rodillos			
	Moto-reductores			
GIRO DE CABINA	Estado general			
	Piñón-corona			
CABINA	Estado general			
	Mandos			
HIDRAÚLICA	Estado general			
	Filtros, bombas			
	Refrigeración			
CABRESTANTE	Estado general			
	Frenos y embragues			
CABLES	Estado general			
CIR. ELECTRIC.	Estado general			
PLUMA	Estado general			
	Poleas, eslingas			
	Telescópicos			
MÁSTIL	Estado general			
	Gulas y poleas			
CABEZA DE ROTACION	Estado general			
	Ruidos			

Dificultad en la perforación: \_\_\_\_\_

¿Cuándo se realizan las labores de mantenimiento?: \_\_\_\_\_

Horas de parada por avería en la semana: \_\_\_\_\_

Observaciones Generales: \_\_\_\_\_

Enviar una copia de esta hoja diariamente al grupo de proyecto respectivo. Esta hoja de mantenimiento se debe iniciar cada semana y cada vez que la máquina inicie una obra.	FIRMA RESP. MANTENIMIENTO	FIRMA RESPONSABLE DE MAQUINA

*Nota:* Elaboración propia.

Con el reporte de mantenimiento se pretende llevar un control de la naturaleza de las fallas, así como registrar las reparaciones necesarias y los procedimientos realizados. Además, se deben anotar los repuestos y materiales utilizados para la reparación. Asimismo, se debe incluir un registro de prueba para determinar la efectividad de la reparación. Al finalizar el reporte, se deben añadir observaciones finales y la firma del encargado de elaborarlo, así como el recibido a satisfacción del proceso por parte del supervisor.

Figura 16. Formato de reporte de mantenimiento

 <b>Pilotes</b> Preexcavados de Costa Rica		<b>REPORTE DE MANTENIMIENTO</b>		N°:	
				Fecha:	
Nombre de quien realiza: _____					
Tipo de mantenimiento:    Preventivo <input type="checkbox"/> Correctivo <input type="checkbox"/>					
Equipo: _____			Referencia: _____		
Horómetro del equipo: _____					
<b>Diagnóstico de fallas encontradas</b>			<b>Descripción del trabajo realizado</b>		
<b>Repuestos o materiales utilizados</b>					
<b>Cantidad</b>		<b>Descripción</b>		<b>Cantidad</b>	
<b>Prueba realizada posterior al mantenimiento</b>					
<b>Fecha</b>		<b>Responsable</b>		<b>Resultado de la prueba</b>	
				Satisfactorio	
				Insatisfactorio	
<b>Observaciones adicionales</b>					

Elaborado por: \_\_\_\_\_

Recibido por: \_\_\_\_\_

*Nota:* Elaboración propia

Seguidamente se detalla una hoja de producción que brindará un control sobre el avance de los proyectos. Este documento debe completarse diariamente durante la perforación del proyecto. En la parte superior derecha, se debe ingresar el nombre de la persona encargada de completarlo, la fecha y el horario de realización, así como la maquinaria utilizada. A continuación, se debe escribir el nombre del proyecto correspondiente y proceder a completar las casillas de las consignas. También se dispone de un espacio para observaciones. Al final del documento, se debe calcular el total realizado en el día, ya sea en metros lineales, metros cuadrados o metros cúbicos.

Figura 17. Formato de hoja de Producción

		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Hoja de Producción</div>								Elaborado por:	Fecha: _____				
Proyecto: _____		CONSIGNAS								Máquina:	Turno de: a:				
										Nº:	Máquina:	Nº:			
N° de desplazamientos	Dificultades de Geología / Acondicionamiento perforación	Falta y/o reparación herramientas de perforación	Preparación de andamios / desplazamientos	Falta de materiales e insumos (brocas, aditivos perf)	Averías	Ejecución de otras actividades contractuales	Movimiento de tierra - Acondicionamiento de Plataforma	Paradas por cliente	Otros, descansos, asuetos y clima	Tiempo efectivo de perforación	Horas	Plan de trabajo del día			
Observaciones															
												6 H			
												7 H			
												8 H			
												9 H			
												10 H			
												11 H			
												12 H			
												13 H			
												14 H			
												15 H			
												16 H			
												17 H			
												18 H			
<b>TOTAL</b>												ml	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	

Nota: Elaboración propia

El mantenimiento correctivo se realiza cuando se detectan fallas en los equipos, elementos desgastados que han alcanzado su vida útil o averías. Este tipo de mantenimiento implica detener el equipo, por lo que es crucial contar con un mantenimiento preventivo para evitar correcciones innecesarias.

Cuando surge una avería en el sitio del proyecto, el encargado debe informar al mecánico sobre el problema. El mecánico analizará el tipo de avería y determinará si es posible realizar la reparación en el lugar o si es necesario llevar el equipo al taller de la empresa.

Con el fin de llevar un control de los mantenimientos correctivos realizados en cada equipo, se debe completar el siguiente formulario. Este formulario debe ser llenado cada vez que se requiera realizar un mantenimiento correctivo. Debe incluir la fecha de la solicitud, el nombre del equipo que necesita mantenimiento y el nombre del encargado responsable de llevar a cabo el mantenimiento. A continuación, se debe proporcionar una descripción detallada del tipo de trabajo requerido por el equipo, con el objetivo de llevar un registro de las mejoras realizadas y tener la capacidad de evaluar el rendimiento de cada equipo.

Se debe anotar la fecha de ejecución del trabajo, marcar la casilla correspondiente al tipo de mantenimiento (programado o no programado), indicar la hora de inicio y la hora de finalización. Finalmente, se debe registrar el nombre de la persona que solicitó el mantenimiento y el nombre de la persona que autoriza su realización.

Figura 18. Formato de Mantenimiento Correctivo

<b>Solicitud de Mantenimiento Correctivo</b>		 <b>Pilotes</b> Preexcavados de Costa Rica
<b>Fecha:</b>	<input type="text"/>	<b>Encargado:</b> <input type="text"/>
<b>Equipo:</b>	<input type="text"/>	
<b>Descripción del trabajo a realizar:</b>		
Fecha de ejecución:	<input type="text"/>	
Mant. Correctivo programado:	<input type="text"/>	
Mant. Correctivo no programado:	<input type="text"/>	
Inicio	<input type="text"/>	Fin <input type="text"/>
Persona que solicita:	<input type="text"/>	
Persona que aprueba:	<input type="text"/>	

*Nota:* Elaboración propia

### ***1.25.3. Capacitación del personal.***

Para aumentar el desempeño y la destreza del personal, es fundamental realizar capacitaciones que les permitan realizar un diagnóstico y reparación más eficiente de los equipos.

A continuación, se detallan los pasos a seguir para llevar a cabo estas capacitaciones:

- Actualización de la información de los sistemas actuales de los equipos.
- Capacitación en reglas de seguridad industrial.
- Capacitación para el manejo del software de mantenimiento elegido.
- Capacitación para entender, analizar y completar los formularios establecidos.

#### **1.25.4. Indicadores.**

El objetivo de los indicadores de evaluación es la base de las acciones que se deben tomar en el presente y en el futuro. Es sumamente importante que los datos con los que se trabajará sean confiables y correctos, debido a que en base a estos se tomarán decisiones.

Para determinar que la implementación de la mejora propuesta será exitosa y cumplirá con los objetivos, se deben utilizar los siguientes indicadores. Es fundamental asegurarse de que estos sean utilizados correctamente con el fin de evaluar el desempeño y los resultados.

- Porcentaje de equipos para mantenimiento preventivo (Disponibilidad).
- Porcentaje de tiempo de la disponibilidad de cada equipo (Rendimiento).
- Porcentaje de proyectos concluidos satisfactoriamente, es decir, sin detenciones innecesarias (Calidad).

A continuación, se detalla un cuadro ejemplificativo para realizar la evaluación mencionada anteriormente.

*Tabla 10. Formato de indicadores de evaluación.*

<b>Actividad</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>OEE</b>
Actividad 1	Disponibilidad	0,00 %	0,00 %
	Rendimiento	0,00 %	
	Calidad	0,00 %	
Actividad 2	Disponibilidad	0,00 %	0,00 %
	Rendimiento	0,00 %	
	Calidad	0,00 %	

Actividad 3	Disponibilidad	0,00 %	0,00 %
	Rendimiento	0,00 %	
	Calidad	000 %	

*Nota:* Elaboración propia

Las fórmulas para calcular el OEE son las siguientes:

Figura 19. Fórmulas para calcular el OEE

**Tiempo total** = Tiempo disponible + Tiempo planeado

**Tiempo planeado** = Reuniones, comidas, MP, etc.

**Tiempo disponible** = Tiempo total – Tiempo planeado

**Tiempo productivo** = Tiempo disponible – Tiempo muerto

**Tiempo muerto** = Tiempo de averías + Tiempo de cambio de producto

**Disponibilidad** =  $\frac{\text{Tiempo productivo}}{\text{Tiempo disponible}}$

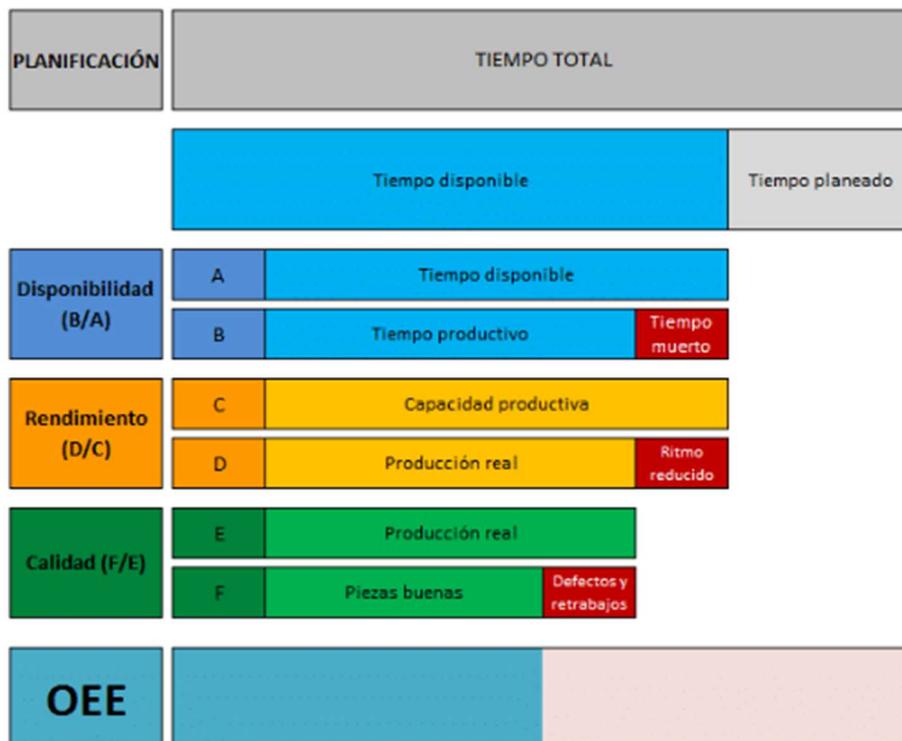
**Capacidad productiva** = Tiempo productivo x Capacidad estándar

**Producción real** = Tiempo productivo x Capacidad real

**Eficiencia** =  $\frac{\text{Producción real}}{\text{Capacidad productiva}}$

**Calidad** =  $\frac{(\text{Producción real} - \text{Unidades defectuosas})}{\text{Producción total}}$

**OEE** = Disponibilidad x Eficiencia x Calidad



Nota: (Salazar López, 2019)

Al momento de llevarse a cabo el proceso de evaluación se debe de tener en consideración la siguiente clasificación del valor obtenido en el indicador OEE.

*Tabla 11. Clasificación de los indicadores de evaluación.*

<b>OEE</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Detalle</b>
0 % - 64 %	Inaceptable	Se producen importantes pérdidas económicas. Existe muy baja competitividad.
65 % - 74 %	Regular	Es aceptable solo si se está en proceso de mejora. Se producen pérdidas económicas. Existe baja competitividad.
75 % - 84 %	Aceptable	Debe continuar la mejora para alcanzar una buena valoración. Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
85 % - 94 %	Buena	Entra en valores de Clase Mundial. Buena competitividad.
95 % - 100 %	Excelente	Valores de Clase Mundial. Alta competitividad.

*Nota:* (Salazar López, 2019)

## **CAPÍTULO VII. EVALUACIÓN FINANCIERA**

Con el fin de determinar la viabilidad del presente proyecto, es necesario realizar una evaluación financiera para conocer su impacto, ya que esta evaluación tiene una influencia directa en el sistema financiero de la empresa.

### 1.26. Análisis financiero de la propuesta N°1

Se procede a realizar el cálculo de los recursos requeridos para el software MP de la empresa panameña MP Gestión de Mantenimiento. Se elige esta opción debido a que su costo es más económico en comparación con el software GMAO - Fracttal One proporcionado por la empresa española Fracttal Tech S.L. Además, ambos softwares son muy similares en cuanto a sus características.

Para llevar a cabo esta propuesta, se requiere al menos un equipo de cómputo, una inversión anual para el pago del software y la capacitación del personal, que tiene una duración aproximada de 20 horas.

A continuación, se presenta el desglose de los costos asociados a esta propuesta.

Tabla 12. Cuadro de costos. Propuesta N°1

<b>EQUIPO REQUERIDO</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
Computadora	1	€300 000,00	€300 000,00
Software MP (anual)	1	€1 379 753,40	€1 379 753,40
<b>TOTAL</b>			<b>€1 679 753,40</b>

<b>CAPACITACIÓN</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Duración (H)</b>	<b>Costo por hora</b>	<b>Costo Total</b>
Mecánico	1	20	€2 272,73	€45 454,55
Jefe de taller	1	20	€2 300,00	€46 000,00

Maestro de Obras	3	20	€3 090,91	€185 454,55
<b>TOTAL</b>				<b>€276 909,09</b>

Imprevistos del 5%				€97 833,12
--------------------	--	--	--	------------

<b>COSTO TOTAL FINAL</b>				<b>€2 054 495,62</b>
--------------------------	--	--	--	----------------------

*Nota:* Elaboración propia.

El costo total de la inversión es de €2 054 495,62 seguidamente se detalla cada punto.

#### **1.26.1.1. Equipo requerido:**

Estos rubros corresponden al equipo necesario para la implementación del software. Es importante contar con un equipo de cómputo moderno para asegurar un correcto funcionamiento al momento de instalar el software y garantizar que los reportes y análisis generados sean efectivos. El software es el elemento fundamental de esta propuesta, ya que proporciona todas las funciones necesarias para contar con un sistema digitalizado de mantenimiento de equipos.

#### **1.26.1.2. Capacitación:**

Este rubro es de suma importancia, ya que son estas personas quienes se encargarán de ingresar y manejar la información dentro del software. Es indispensable que comprendan y dominen el sistema de la mejor manera posible. Deben tener claridad sobre cada función y procedimiento, así como la capacidad de explicarlo a otras personas a medida que pasa el tiempo.

El tiempo que los trabajadores dediquen a la capacitación tiene un costo de €276.909,09 para la empresa. Durante este tiempo, no podrán llevar a cabo sus tareas habituales, por lo que es esencial coordinar con el proveedor del software la distribución de esas horas a lo largo de la

jornada laboral. De esta manera, se evitarán retrasos innecesarios y se minimizará el impacto en las labores diarias.

### ***1.26.1.3. Beneficio de la propuesta:***

De acuerdo con esta propuesta se obtiene los siguientes beneficios:

- Información importante de cada equipo en tiempo real, en cuanto a sus registros históricos para la toma de decisiones.
- Mejora en cuanto al proceso de mantenimiento preventivo y correctivo, debido a que será posible mantener un control digital de cada equipo.
- Disminución de tiempos muertos en proyectos por falta de reparaciones que pueden evitarse, llevando un adecuado control de mantenimiento.
- Administración del inventario requerido para los equipos, ya sean repuestos, herramientas o similar.
- Generación inmediata de órdenes de trabajo y asignación al personal, seguimiento de estas, ya sea que se encuentren en proceso, ejecución o finalización.

## **1.27. Análisis financiero de la propuesta N°2**

Se procede a realizar el cálculo de la implementación de registros y formularios de forma manual para el mantenimiento preventivo y correctivo.

Para llevar a cabo esta propuesta, se requiere al menos un instructor que explique detalladamente la forma de trabajar con los formularios y el modo de operar de los equipos. Además, se necesitan talonarios de formularios que contengan 3 hojas cada uno (1 original y 2 copias), así como lapiceros para completar los formularios. También se incluye la capacitación del personal, la cual tiene una duración aproximada de 10 horas.

A continuación, se presenta el desglose de los costos relacionados con esta propuesta.

Tabla 13. Cuadro de costos. Propuesta N°2

<b>INSUMOS REQUERIDOS</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
Instructor	1	€30 000,00	€30 000,00
Talonarios	32	€6 968,71	€222 998,72
Lapiceros	10	€508,33	€5 083,33
<b>TOTAL</b>			<b>€258 082,05</b>

<b>CAPACITACIÓN</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Duración (H)</b>	<b>Costo por hora</b>	<b>Costo Total</b>
Mecánico	1	10	€2 272,73	€22 727,27
Jefe de taller	1	10	€2 300,00	€23 000,00
Maestro de Obras	3	10	€3 090,91	€92 727,27
<b>TOTAL</b>				<b>€138 454,55</b>

Imprevistos del 5%	€19 826,83
--------------------	------------

<b>COSTO TOTAL FINAL</b>	<b>€416 363,43</b>
--------------------------	--------------------

*Nota:* Elaboración propia.

El costo total de la inversión es de €416 363,42 seguidamente se detalla cada punto.

#### **1.27.1.1. Insumos:**

Este rubro es crucial para la implementación de la propuesta, ya que se necesita una persona que explique al personal la importancia y el proceso de trabajo con los formularios mencionados en el capítulo anterior. Además, es necesario contar con talonarios para evitar que los formularios se realicen en hojas sueltas, lo cual podría resultar en pérdida de información si las hojas se extravían. El uso de talonarios garantiza un trabajo ordenado y organizado. Por último, los lapiceros son indispensables para el llenado de los formularios.

### ***1.27.1.2. Capacitación:***

Este rubro es similar al de la propuesta anterior, ya que sin una capacitación adecuada no se podrá contar con información precisa en los talonarios. Es fundamental que el personal comprenda el motivo y la finalidad de estas actividades, así como la importancia de contar con un control adecuado de mantenimiento en los equipos.

El costo de este rubro es de ¢138 454,55 para la empresa. La capacitación tiene una duración aproximada de 10 horas, las cuales se pueden dividir en dos secciones. Por ejemplo, se puede dedicar una tarde para explicar la dinámica y otra tarde para llevar a cabo un plan piloto en el que se puedan resolver dudas e implementar mejoras en el sistema propuesto.

### ***1.27.1.3. Beneficio de la propuesta:***

Con esta propuesta se obtienen los siguientes beneficios:

- Control operativo de los equipos.
- Revisiones semanales de mantenimiento, en donde se podrán establecer tiempos entre proyectos para el mantenimiento de los equipos.
- Control operativo de los colaboradores que posean equipos a cargo.
- Generación y control de órdenes de trabajo de mantenimiento, ya sean preventivos o correctivos.
- Reducción en imprevistos presentados en los proyectos por ausencia de revisiones periódicas antes y después del uso de cada equipo.

El total de ventas mensuales de la empresa, de acuerdo con el período 2022, corresponde a ¢50 741 643,45 de ese total el porcentaje destinado para mantenimiento y reparaciones es de un 8 %, es decir, ¢4 059 331,48 por mes y por día son ¢135 311,05 según lo indicado por la empresa.

Se procede a aplicar la fórmula del ROI para validar la viabilidad de las propuestas.

Figura 20. Retorno de Inversión de ambas propuestas

Retorno de Inversión N°1		Retorno de Inversión N°2	
Descripción	Costo Total	Descripción	Costo Total
Propuesta N°1	₪2 054 495,62	Propuesta N°2	₪416 363,43
<b>TOTAL FINAL</b>	<b>₪2 054 495,62</b>	<b>TOTAL FINAL</b>	<b>₪416 363,43</b>

$ROI = \left( \frac{4.059.331,48 - 2.054.495,62}{2.054.495,62} \right) * 100$	$ROI = \left( \frac{4.059.331,48 - 416.363,43}{416.363,43} \right) * 100$
<b>ROI</b>	<b>ROI</b>
<b>97,58</b>	<b>874,95</b>

Nota: Elaboración propia.

Tal y como se observa en la imagen anterior, el porcentaje del ROI de ambas propuestas es positivo, lo que significa que ambas propuestas son viables para la empresa, ya que generan beneficios en lugar de pérdidas.

A continuación, se procede a determinar el período de recuperación según el ingreso diario del sector de mantenimiento mencionado anteriormente.

Tabla 14. Período de recuperación.

₪4 059 331,48	Ingreso mantenimiento mensual
₪135 311,05	Ingreso mantenimiento diario

Días recuperación		
₪2 164 976,79	16	Inversión N°1
₪541 244,20	4	Inversión N°2

Nota: Elaboración propia.

Según se observa en la Tabla N°14, el período de recuperación para la propuesta N°1 es de 16 días, mientras que para la propuesta N°2 es de 4 días. Estos períodos se determinaron calculando

la multiplicación del ingreso diario para el mantenimiento, que es de ¢135 311,05, por la cantidad de días necesarios para superar el monto total de cada propuesta.

## **CAPÍTULO VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Al finalizar el presente trabajo y tomando en cuenta los objetivos planteados del mismo, se concluye lo siguiente.

### **1.28. Conclusiones**

Se determina que el sistema de gestión de mantenimiento actual de la empresa no cumple con el rendimiento esperado de los equipos, lo que resulta en una falta de productividad y disponibilidad adecuada de los mismos.

Las principales necesidades de la organización para mejorar el mantenimiento de los equipos incluyen la implementación de un sistema de mantenimiento preventivo y correctivo, ya sea digital o manual. También existe la necesidad de contar con información actualizada sobre cada equipo y sus usos, así como una capacitación adecuada del personal para garantizar que los trabajos se realicen de la mejor manera posible.

Se propone utilizar el software MP de la empresa panameña MP Gestión de Mantenimiento, que ofrece múltiples métodos de control de mantenimiento, o implementar formularios manuales para el seguimiento y control de equipos y actividades. Esto permitirá controlar el mantenimiento de cada equipo y adquirir un registro histórico que facilite la toma de decisiones efectivas para mejorar y aumentar la eficiencia operativa.

Se sugiere utilizar el indicador de Eficiencia Global de los Equipos (OEE), ya que es una herramienta efectiva para evaluar y tomar decisiones. Este indicador permitirá analizar el rendimiento de los equipos y también se puede aplicar al análisis del desempeño de los colaboradores.

El costo de implementación de la propuesta N°1 es de ₡2 054 495,62, que incluye la adquisición de un nuevo equipo, el pago anual del software MP, su implementación y la

capacitación del personal necesario para utilizarlo. Por otro lado, el costo de implementación de la propuesta N°2 es de ₡416 363,42, que incluye la adquisición de los formularios correspondientes con sus copias, insumos necesarios y la capacitación de los encargados de su registro e implementación.

Contar con planes de mantenimiento garantiza la disponibilidad de los equipos y permite que los proyectos se desarrollen sin retrasos. Además, el uso adecuado del software o de los formularios permite a la empresa documentar, analizar y controlar la información de manera ordenada.

### **1.29. Recomendaciones**

El sistema de gestión de mantenimiento propuesto brindará una mejora en el funcionamiento de los equipos, disminuyendo las paralizaciones en proyectos y gastos innecesarios, e incrementando los procesos operativos. Además, reforzará el conocimiento de los colaboradores que utilicen los equipos al realizar mantenimientos. Por esta razón, se recomienda a la empresa Pilotes Preexcavados de Costa Rica S.A. brindar el apoyo necesario para la implementación de alguna de las dos propuestas presentadas, readecuando la orientación de los mantenimientos.

En caso de elegir la propuesta N°1, se recomienda a la empresa programar las capacitaciones necesarias para que los colaboradores comprendan el sistema y lo utilicen de manera adecuada. De esta forma, la información incluida en la plataforma será correcta y el software será útil para el mantenimiento adecuado de cada equipo y para la toma de decisiones futuras.

Si se elige la propuesta N°2, se recomienda a la empresa cumplir estrictamente con los formularios expuestos, con el fin de determinar la operatividad de los equipos y contar con registros históricos que permitan tomar decisiones y realizar cambios positivos en beneficio de la progresividad de la empresa. También se recomienda brindar capacitación continua a las personas encargadas de las tareas de operación y mantenimiento de equipos. Además, se sugiere que, en caso de modificar los formularios, se mantenga su facilidad de uso, ya que es necesario completarlos en su totalidad. Si los formularios son demasiado complejos, existe el riesgo de que los registros no sean correctos debido a que se convertirían en una aplicación tediosa.

Es importante realizar revisiones anuales de los costos de mantenimiento, teniendo en cuenta que la diferencia con los costos reales debe ser mínima, ajustando la variación de los precios del mercado laboral.

Se debe revisar periódicamente, ya sea de forma quincenal o mensual, el informe de producción y eficiencia de los equipos utilizando el indicador OEE, con el fin de asegurar que las propuestas se mantengan conforme pasa el tiempo. Este indicador permitirá a la organización identificar ineficiencias en la parte productiva.

Se recomienda asegurar la documentación e información mediante copias de seguridad y comentarios, con el fin de evitar la pérdida o eliminación repentina de la información obtenida.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abarca, L. (30 de 03 de 2022). *KPIs de mantenimiento: indicadores clave para la toma de decisiones*. Obtenido de Praxedo: <https://www.praxedo.es/blog/kpis-de-mantenimiento-indicadores-clave-para-la-toma-de-decisiones-en-las-intervenciones/#:~:text=Para%20medir%20el%20%C3%A9xito%20o,al%20logro%20de%20determinados%20objetivos>.
- AMBIT Building Solutions Together. (03 de 09 de 2020). *Retorno de la Inversión (ROI): qué es y cómo calcularlo*. Obtenido de <https://www.ambit-bst.com/blog/retorno-de-la-inversi%C3%B3n-roi-qu%C3%A9-es-y-c%C3%B3mo-calcularlo>
- Añez, J. (s.f.). *Economía 360*. Obtenido de Diagrama de Flujo: Definición, Tipos, Usos, Beneficios: <https://www.economia360.org/diagrama-de-flujo/>
- Arcoya, E. (2017). *Economía-Finanzas*. Obtenido de [https://www.economiafinanzas.com/question-van-tir/#Cual\\_es\\_la\\_formula\\_VAN](https://www.economiafinanzas.com/question-van-tir/#Cual_es_la_formula_VAN)
- Castadeña, K., & al., E. (2022). *Propuesta de mejoramiento para los procesos logísticos internos de la empresa Proyectos y Servicios LTDA*. Bogotá: Universidad El Bosque.
- Coll Morales, F. (17 de febrero de 2021). *Fuente primaria*. Obtenido de Economipedia: <https://economipedia.com/definiciones/fuente-primaria.html>
- Coll Morales, F. (21 de febrero de 2021). *Fuente secundaria*. Obtenido de Economipedia: <https://economipedia.com/definiciones/fuente-secundaria.html>
- Coll Morales, F. (25 de febrero de 2021). *Fuente terciaria*. Obtenido de Economipedia: <https://economipedia.com/definiciones/fuente-terciaria.html>

Equipo editorial, Etecé. (05 de 08 de 2021). *Mantenimiento preventivo*. Obtenido de Concepto.de.:

<https://concepto.de/mantenimiento-preventivo/>

Equipo editorial, Etecé. (05 de 08 de 2021). *Manual de procedimientos*. Obtenido de Concepto.de.:

<https://concepto.de/manual-de-procedimientos/>

Equipo editorial, Etecé. (13 de 07 de 2022). *Checklist*. Obtenido de Concepto.de.:

<https://concepto.de/checklist/>

Equipo editorial, Etecé. (01 de 10 de 2020). *Programación*. Obtenido de Concepto.de.:

<https://concepto.de/programacion/>

Equipo editorial, Etecé. (05 de 08 de 2021). *Estadística*. Obtenido de Concepto.de.:

<https://concepto.de/estadistica/>

Equipo editorial, Etecé. (05 de 08 de 2021). *Excel*. Obtenido de Concepto.de.:

<https://concepto.de/excel/>

Eurofins Envira Ingenieros Asesores. (25 de 04 de 2020). *¿En qué consiste el método de las 5?*

Obtenido de <https://envira.es/es/en-que-consiste-el-metodo-de-las-5/>

Eurofins Envira Ingenieros Asesores. (03 de 12 de 2021). *¿Qué es el MTBF?* Obtenido de

<https://envira.es/es/mtbf/>

Fractal Tech S.L. (2023). *Fractal One - Mucho más que un software de mantenimiento*. Obtenido

de <https://www.fractal.com/es/fractal-one>

González, J., & al, E. (15 de 11 de 2019). Mantenimiento industrial en máquinas herramientas por

medio de AMFE. *Revista Ingeniería Industrial*, 18. Obtenido de

<https://revistas.ubiobio.cl/index.php/RI/article/view/3923/3685>

JMP Statistical Discovery LLC. (s.f). *Porta de formación estadística*. Obtenido de [https://www.jmp.com/es\\_co/statistics-knowledge-portal/exploratory-data-analysis/pareto-chart.html#:~:text=Los%20diagramas%20de%20Pareto%20reflejan,del%2020%20%25%20de%20las%20causas](https://www.jmp.com/es_co/statistics-knowledge-portal/exploratory-data-analysis/pareto-chart.html#:~:text=Los%20diagramas%20de%20Pareto%20reflejan,del%2020%20%25%20de%20las%20causas).

Mancuzo, G. (8 de 9 de 2020). *¿Qué es el mantenimiento productivo total?* Obtenido de ComparaSoftware: <https://blog.comparasoftware.com/mantenimiento-productivo-total/>

Mete, M. (01 de 11 de 2014). *VALOR ACTUAL NETO Y TASA DE RETORNO: SU UTILIDAD COMO HERRAMIENTAS PARA EL ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN*. Obtenido de SCIELO: [http://www.scielo.org/bo/scielo.php?pid=s2071-081x2014000100006&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org/bo/scielo.php?pid=s2071-081x2014000100006&script=sci_arttext)

MP GESTION DE MANTENIMIENTO PANAMÁ, S.A. (2021). *MP Gestión de mantenimiento*. Obtenido de [https://gestiondemantenimiento.com/gestion-de-mantenimiento/?gclid=Cj0KCQjw8qmhBhClARIsANAtbofMkbfyKA5oCfi5ciNpjMJJrj9MasoLb-cwE1fkCdKaTezwzvgMn1saAgbqEALw\\_wcB](https://gestiondemantenimiento.com/gestion-de-mantenimiento/?gclid=Cj0KCQjw8qmhBhClARIsANAtbofMkbfyKA5oCfi5ciNpjMJJrj9MasoLb-cwE1fkCdKaTezwzvgMn1saAgbqEALw_wcB)

Ortega, O. (22 de 04 de 2013). *Trabajo y Personal*. Obtenido de <https://trabajoypersonal.com/entrevista-personal/>

Pérez Porto, J. G. (18 de 12 de 2018). *Definición de mantenimiento - Qué es, Significado y Concepto*. Obtenido de Definicion.de.: <https://definicion.de/mantenimiento/>

Porras, M. (29 de 09 de 2017). *LOGICALIS Architects of Change*. Obtenido de <https://blog.es.logicalis.com/analytics/kpis-qu%C3%A9-son-para-qu%C3%A9-sirven-y-por-qu%C3%A9-y-c%C3%B3mo-utilizarlos>

Rus Arias, E. (09 de diciembre de 2020). *Investigación explicativa*. Obtenido de Economipedia:  
<https://economipedia.com/definiciones/investigacion-explicativa.html>

Rus Arias, E. (10 de diciembre de 2020). *Investigación mixta*. Obtenido de Economipedia:  
<https://economipedia.com/definiciones/investigacion-mixta.html>

Rus Arias, E. (05 de febrero de 2021). *Investigación cualitativa*. Obtenido de Economipedia:  
<https://economipedia.com/definiciones/investigacion-cualitativa.html>

Rus Arias, E. (05 de febrero de 2021). *Investigación cuantitativa*. Obtenido de Economipedia:  
<https://economipedia.com/definiciones/investigacion-cuantitativa.html>

Rus Arias, E. (05 de febrero de 2021). *Investigación descriptiva*. Obtenido de Economipedia:  
<https://economipedia.com/definiciones/investigacion-descriptiva.html>

SafetyCulture. (29 de 03 de 2021). *¿Qué son las listas de control de procedimiento de mantenimiento?* Obtenido de <https://safetyculture.com/es/listas-de-verificacion/procedimiento-de-mantenimiento/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20son%20las%20listas%20de,inspecciones%20de%20mantenimiento%20del%20equipo>.

SafetyCulture. (28 de 04 de 2022). *¿Qué es la gestión del mantenimiento?* Obtenido de <https://safetyculture.com/es/temas/gestion-del-mantenimiento/>

Salazar López, B. (04 de noviembre de 2019). *Eficiencia Global de los Equipos (OEE)*. Obtenido de Ingeniería Industrial On Line: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/gestion-de-mantenimiento/eficiencia-global-de-los-equipos-oe/>

Salazar, E., & Uceda, R. (2018). *Gestión de mantenimiento preventivo de los equipos electromecánicos en las empresas: una revisión de la literatura*. Lima: Universidad Privada del Norte.

Santos, D. (14 de septiembre de 2022). *Recolección de datos: métodos, técnicas e instrumentos*. Obtenido de HubSpot, Inc.: <https://blog.hubspot.es/marketing/recoleccion-de-datos>

Sena Mesa, R. (16 de 09 de 2020). *¿Qué es un estudio de confiabilidad?* Obtenido de Con Mantenimiento Productivo: <https://conmantenimiento.com.mx/que-es-un-estudio-de-confiabilidad/#:~:text=esfuerzo%20para%20predecir%20la%20frecuencia,la%20magnitud%20de%20la%20falla>

Servicios y soluciones IT Conasa. (09 de 04 de 2020). *¿Qué es el soporte y mantenimiento de aplicaciones?* Obtenido de <https://conasa.grupocibernos.com/blog/que-es-el-soporte-y-mantenimiento-de-aplicaciones#:~:text=El%20servicio%20de%20mantenimiento%20de,c%C3%B3digos%20fuente%20y%20la%20arquitectura>.

Sevilla, A. (15 de 07 de 2014). *Tasa interna de retorno (TIR)*. Obtenido de Economipedia.com: <https://economipedia.com/definiciones/tasa-interna-de-retorno-tir.html>

SlideModel. (24 de octubre de 2019). *All About Using Harvey Balls*. Obtenido de SlideModel.com: <https://slidemodel.com/harvey-balls-for-presentations/>

SmartDraw, LLC. (s.f.). *SmartDraw*. Obtenido de ©1994-2022 SmartDraw, LLC: <https://www.smartdraw.com/flowchart/simbolos-de-diagramas-de-flujo.htm>

Valencia, V. (2015). *Revisión documental en el proceso de investigación*. Universidad Tecnológica de Pereira.

## GLOSARIO

**5 S's:** Método que aplicado continuamente a la gestión y administración del puesto de trabajo conduce a un proceso de mejora continua.

**AMFE:** Método de Análisis de Modo y Efecto de Fallas.

**Anclaje:** Elemento capaz de transmitir esfuerzos de tracción desde la superficie del terreno hasta una zona interior del mismo.

**Aúna:** Se refiere a un mismo tiempo.

**Barra autoperforante:** Sistema de anclaje que permite la perforación e inyección simultáneamente sin necesidad de utilizar revestimiento.

**BPH:** Bomba de barril hidráulica, sistema de lubricación automática.

**Concreto lanzado:** Concreto lanzado, o hormigón proyectado, se realiza con bombas remolcables y lanzadoras.

**Construcción geotécnica:** Desarrollo de obras de construcción en relación con el suelo.

**COVID-19:** Enfermedad respiratoria causada por el virus SARS-CoV-2.

**Criticidad:** Condición o estado de crítico.

**Deductivo:** Argumento en el que la información se infiere de manera necesaria.

**Desviación estándar:** Medida de la dispersión de los datos, cuanto mayor sea la dispersión mayor es la desviación estándar.

**Diagrama de Flujo:** Diagrama que permite visualizar cada paso o progresión a través de un proceso.

**Diagrama de Gantt:** Herramienta de gestión de proyectos que muestra el trabajo realizado durante un período de tiempo.

**Diagrama de Pareto:** permite decidir el orden de prioridad de los problemas y sirven para identificar el resultado más frecuente de una variable categórica.

**Drenajes:** Sistema de subdrenaje, que consiste en la perforación e introducción de tuberías ranuradas insertadas en los taludes.

**Esquematar:** Representar una cosa en forma de esquema.

**Estabilización de taludes:** Mejora de un talud mediante pernos, drenajes horizontales o recubriéndolo con alguna protección a la erosión.

**Ficha técnica:** Documento que contiene información de las características de un objeto.

**Grupos focales:** Proceso dinámico en el que los participantes intercambian ideas.

**Indicadores:** serie de métricas que se utilizan para sintetizar la información sobre la eficacia y productividad de las acciones que se lleven a cabo en un negocio.

**Información depurada:** Información determinada cuidadosamente.

**Inyección repetitiva selectiva:** Se utiliza para construir los tabiques herméticos y diafragmas donde el tipo de tierra tiene problemas geotécnicos determinados.

**Inyecciones:** Inyecciones de lechada para llenado de grietas y compactación del terreno.

**KPI's de mantenimiento:** indicadores de rendimiento que evalúan los procesos en base al logro de determinados objetivos.

**Logística interna:** Acciones y las actividades que se llevan a cabo para ordenar y organizar los flujos de materiales y de información de una empresa.

**Mantenimiento:** Conservación de una cosa en buen estado.

**Margen de error:** Cantidad de error de muestreo aleatorio resultado de la elaboración de una encuesta.

**Micropilotes:** Elemento para las cimentaciones, resistente a los esfuerzos de tracción y compresión.

**Mix:** Combinar bien.

**MTBF:** Mean Time Between Failures o en español Tiempo Medio Entre Fallos, indicador de mantenimiento cualquier empresa que quiera llevar el control de sus activos, equipos, maquinaria.

**Multas:** Sanción que consiste en pagar una cantidad de dinero, impuesta por haber infringido una ley o haber cometido faltas.

**Muros anclados:** Son utilizados para la construcción de muros de retención o para asegurar cortes en excavaciones.

**Nivel de confianza:** Probabilidad de que el parámetro a estimar se encuentre en el intervalo de confianza.

**OEE – Efectividad General del Equipo:** Permite medir la eficiencia productiva de los equipos de una compañía.

**Operatividad:** Es la capacidad para realizar una función.

**Ordenador:** Máquina electrónica que almacena información.

**Organigrama:** Representación gráfica de la estructura interna de una empresa o una institución.

**Pauta:** Norma que sirve de guía para realizar algo.

**Perforación direccional:** Técnica que permite que la broca se dirija hacia una coordenada especificada.

**Perforación horizontal:** Método empleado para la instalación de tuberías.

**Pilotes:** Elemento constructivo utilizado para cimentación de obras.

**Recalce de estructuras:** Acción y efecto de reparar los cimientos de una edificación existente.

**ROI:** es una métrica que permite evaluar el retorno de una inversión.

**Software:** Programa o conjunto de programas de cómputo.

**Sondeos Geotécnicos:** Realización de sondeos profundos para conocimiento y evaluación de los suelos.

**Suelo cosido:** Técnica de mejoramiento de suelos, que permite la contención de taludes.

**TIR:** Tasa Interna de Retorno. Tasa de descuento que iguala el valor presente de los ingresos del proyecto con el valor presente de los egresos.

**Tópicos:** Idea o expresión muy repetida.

**Trazabilidad:** Serie de procedimientos que permiten seguir el proceso de evolución de un producto o proceso.

**VAN:** valor actual/presente de los flujos de efectivo netos de una propuesta

**APÉNDICE**

Tabla 15. Entrevista al encargado de taller

<b>Preguntas al entrevistado</b>	<b>Respuestas obtenidas</b>
¿Cuentan con un plan de mantenimiento preventivo?	No, por lo general se revisan antes de enviarse a proyecto, pero no siempre se cuenta con ese control.
¿Cómo se coordinan los mantenimientos de cada equipo?	Después de cada proyecto cuando las máquinas vuelven al predio/taller/bodega se realiza un chequeo general para dejarlas listas para que vuelvan a proyecto si se requieren.
¿Quién o quiénes son los encargados de brindar el mantenimiento adecuado?	El mecánico de empresa junto con el operador de cada máquina son quienes realizan el mantenimiento.
¿Cada cuánto se brinda el mantenimiento? Es decir, ¿se tienen programaciones periódicas (calendario de mantenimiento)?	Programaciones periódicas no, las máquinas al ser motores estacionarios se manejan por horas, usualmente 250 para un mantenimiento general, si vuelve al taller y no requiere de mantenimiento general únicamente se chequea el buen funcionamiento de la misma y usualmente se le dedica un tiempo de limpieza.
¿Qué sucede cuándo un equipo se daña en el proyecto?	Depende de la falla se lleva al mecánico al sitio, si el mecánico puede guiar

	al operario por teléfono o son cosas simples, el operario es quien realiza la reparación.
¿Los colaboradores están capacitados para realizar mantenimientos?	No todos, los que tienen más conocimientos son algunos operadores y el mecánico.
¿Cuentan con bastante información sobre los equipos, sus repuestos, qué tipo de lubricantes utilizan o algo similar?	Si contamos con la información, sin embargo, no tenemos un documento que contenga todo lo requerido, para estarlo revisando.
¿Cuentan con algún documento o sistema que les indique en dónde se encuentra cada equipo y su trayectoria?	No, sin embargo, se lleva un tipo de bitácora en donde se anotan los mantenimientos y las fechas.
Aproximadamente ¿cuántas fallas al mes presentan los equipos?	Las podría clasificar en 2 tipos, fallas de solución sencilla que se resuelven en campo pueden ser 10 al mes y fallas de gran magnitud que detengan por completo y se requiera de mecánica avanzada podrían ser 4 al mes.

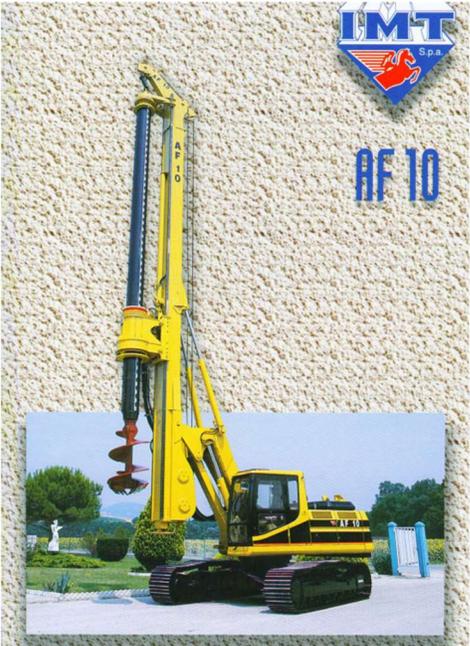
*Nota:* Elaboración propia.

Figura 21. Formulario para tiempos de los equipos

<b>Indicador OEE</b>		 Pilotes Preexcavados de Costa Rica
<b>Equipo:</b>		<b>Encargado:</b>
Descripción	Tiempo (min)	Notas
Tiempo disponible total		
Paradas programadas		
Desayuno		
Almuerzo		
Café		
<b>Tiempo total</b>	<b>0</b>	
Paradas no programadas		
Ajustes		
Arranques		
Averías y/o interrupciones		
Calibraciones		
Cambio de repuestos y/o herramientas		
Limpieza		
<b>Tiempo total</b>	<b>0</b>	
<b>Tiempo total de operación del equipo</b>	<b>0</b>	
<b>Disponibilidad</b>	<b>%</b>	
Minutos efectivos		
Minutos reales		
<b>Rendimiento</b>	<b>%</b>	
Equipos para mantenimiento preventivo		
Equipos para mantenimiento correctivo		
<b>Total</b>	<b>0</b>	
<b>Calidad</b>	<b>%</b>	
<b>OEE</b>	<b>%</b>	

*Nota:* Elaboración propia.

Figura 22. Ficha Técnica IMT Caterpillar

<b>FICHA TÉCNICA</b> <b>EQUIPO:</b> Pilotera			
<b>MODELO</b>	IMT Caterpillar 320 L	<b>PLACA</b>	N/A
<b>AÑO</b>	1998	<b>COLOR</b>	Amarilla
<b>MOTOR</b>	CAT 3066 I	<b>SERIE</b>	4TF07795
<b>COMBUSTIBLE</b>	Diesel	<b>PESO</b>	38 TON
<b>ACEITES</b>	15w40 / 10w hydraulic	<b>OTROS</b>	-
INFORMACIÓN ADICIONAL			
Velocidad de rotación: 200 rpm.			
Potencia: 106 Kw - 145 HP.			
Velocidad de oruga: 3 - 5 Km / h.			
Máxima profundidad: 42 metros.			
Máximo diámetro de perforación: Sin carcasa: 1.5 mts   Con carcasa: 1.2 mts			
Con oscilador: 1.2 mts.			
			

*Nota:* Elaboración propia.

Figura 23. Ficha Técnica TeiRockDrills

<b>FICHA TÉCNICA</b> <b>EQUIPO:</b> Planta Hidráulica		 <b>Pilotes</b> Preexcavados de Costa Rica	
<b>MODELO</b>	Tei Rock Drills DM360	<b>PLACA</b>	N/A
<b>AÑO</b>	2015	<b>COLOR</b>	Gris
<b>MOTOR</b>	TD 2011	<b>SERIE</b>	11742379
<b>COMBUSTIBLE</b>	Diesel	<b>PESO</b>	Seco: 1682 LB Mojado: 2202LB
<b>ACEITES</b>	15w40 / ISO 32-68	<b>OTROS</b>	Estacionario
<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>			
La capacidad de combustible para permanecer en uso es de 8 a 10 horas.			
Presión: 2250 PSI			
Capacidad del tanque: 41 GAL.			
			

*Nota:* Elaboración propia.

Figura 24. Ficha Técnica Power Deutz

<b>FICHA TÉCNICA</b> <b>EQUIPO:</b> Planta Hidráulica		 <b>Pilotes</b> Preexcavados de Costa Rica	
<b>MODELO</b>	Power Deutz	<b>PLACA</b>	N/A
<b>AÑO</b>	2004	<b>COLOR</b>	Naranja
<b>MOTOR</b>	Deutz F4L 912	<b>SERIE</b>	-
<b>COMBUSTIBLE</b>	Diesel	<b>PESO</b>	700 Kg
<b>ACEITES</b>	15w40 / ISO 68	<b>OTROS</b>	Estacionario
INFORMACIÓN ADICIONAL			
Enfriado por aire.   Doble circuito hidráulico de 14 y 17 galones.			
Presión de trabajo 2500 PSI.   Potencia del motor: 38 Kw.			
Consumo de combustible: 1,7 Litros de diesel por hora.			
Capacidad de tanque de diesel: 100 litros.			
Capacidad de tanque hidráulico: 90 litros.			
			

*Nota:* Elaboración propia.

Figura 25. Ficha Técnica Tamrock

<b>FICHA TÉCNICA</b> <b>EQUIPO:</b> Perforadora			
<b>MODELO</b>	Tamrock	<b>PLACA</b>	N/A
<b>AÑO</b>	1991	<b>COLOR</b>	Naranja
<b>MOTOR</b>	Deutz 913 F6L	<b>SERIE</b>	-
<b>COMBUSTIBLE</b>	Diesel	<b>PESO</b>	9 TON
<b>ACEITES</b>	15w40 /ISO 68	<b>OTROS</b>	-
<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>			
Mástil 5 metros, 5 de altura.			
Carrera útil: 4,2 metros.			
3 Bombas hidráulicas con cabeza de martillo atlas copco.			
Controles totalmente hidráulicos.			
			

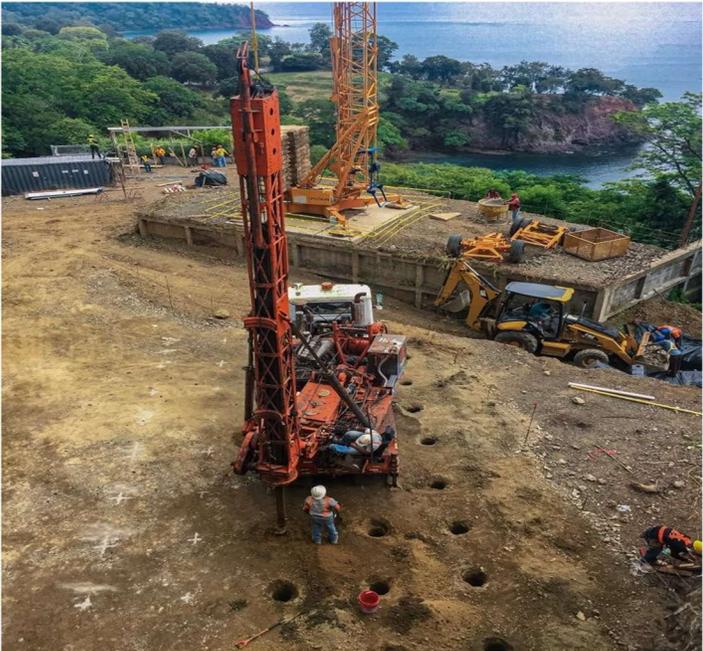
*Nota:* Elaboración propia.

Figura 26. Ficha Técnica Svedala

<b>FICHA TÉCNICA</b> <b>EQUIPO:</b> Perforadora			
<b>MODELO</b>	Svedala 300	<b>PLACA</b>	85840
<b>AÑO</b>	1998	<b>COLOR</b>	Blanca
<b>MOTOR</b>	Caterpillar Modelo 3126 DITA	<b>SERIE</b>	1Y09Y73
<b>COMBUSTIBLE</b>	Diesel	<b>PESO</b>	12 TON
<b>ACEITES</b>	15w40 / ISO 68	<b>OTROS</b>	-
<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>			
Montaje en orugas accionados por un motor hidráulico con garras de 15".			
Motor de 6 cilindros, refrigerado por agua, con carga turbo y refrigeración posterior con una potencia nominal de 240 BHP.			
Doble llenado 110 galones (416 L) tanque de combustible, alrededor de 12 hora de capacidad de combustible.			
			

*Nota:* Elaboración propia.

Figura 27. Ficha Técnica Williams White

<b>FICHA TÉCNICA</b> <b>EQUIPO:</b> Pilotera			
<b>MODELO</b>	Williams White	<b>PLACA</b>	EE 25889
<b>AÑO</b>	1985	<b>COLOR</b>	Naranja
<b>MOTOR</b>	Deutz 913 F6L	<b>SERIE</b>	1WXDCHJD0FN10
<b>COMBUSTIBLE</b>	Diesel	<b>PESO</b>	23 TON
<b>ACEITES</b>	15w40 / ISO 68	<b>OTROS</b>	En un camión
<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>			
Mástil 11 metros, de altura.			
Profundidad de perforación: 16 metros.			
Diámetros de perforación: de 0.30 cm a 1.20 metros.			
Montada en camión tándem.			
			

*Nota:* Elaboración propia.

Figura 28. Lista de precios anuales del Software Fracttal One

10/3/23, 21:27 Precios | Software de mantenimiento Fracttal One

**Fracttal**

En Fracttal tenemos planes que se adaptan a tus necesidades

Mensual Anual (~20% ahorro)

Más Popular

**USD\$ 539/mes**  
facturado a USD\$ 7,700/año  
USD\$ 6,468/año

**Pro**  
Ideal para medianas empresas

Incluye 10 usuarios  
Todo lo que incluye el plan Starter  
Usuarios de solicitudes y sólo lectura ilimitados  
Portal de solicitudes para invitados  
Automatizador Pro  
Log de Transacciones

**Solicitar demo**

**USD\$ 229/mes**  
facturado a USD\$ 3,348/año  
USD\$ 2,748/año

**Starter**  
Ideal para pequeñas empresas

- ✓ Incluye 5 usuarios
- ✓ Todo lo que incluye Community
- ✓ Gestión de OT's ex-off-line
- ✓ Gestión de Almacén
- ✓ Inteligencia de negocios
- ✓ Log de Transacciones Add-on

**Solicitar demo**

**Gratis**  
**Community**  
Ideal para emprendedores

- ✓ Incluye 2 usuarios
- ✓ Catálogos ilimitados de Ubicaciones y Equipos
- ✓ Gestión de activos usando QR y NFC
- ✓ Gestión de Ordenes de Trabajo ilimitadas

**Crear cuenta**

**A tu medida**  
**Enterprise**  
Ideal para grandes empresas y corporaciones

- ✓ A partir de 15 usuarios
- ✓ Todo lo que incluye el plan Pro
- ✓ Gestión Avanzada de Almacén
- ✓ Planificador Virtual
- ✓ Fracttal BI avanzado

**Solicitar demo**

Compara nuestros planes y sus características

Community	Starter	Pro	Enterprise
Crear cuenta	Solicitar demo	Solicitar demo	Solicitar demo

<https://www.fracttal.com/es/precios> 1/7

Nota: (Fracttal Tech S.L, 2023)

Figura 29. Proforma del Software MP



ventas@gestiondemantenimiento.com  
 WhatsApp: +507 6611-8768  
 +58-424-5371681  
 Calle 68, San Francisco, Casa N°06,  
 Local 1-B, Ciudad de Panamá. Panamá  
 www.gestiondemantenimiento.com  
 www.mpsoftware.com.mx

**MP software**

Preparado para:  
**PILOTES DE COSTA RICA**  
 Ref.MP-23/0027 – 13.03.2023

**PROPUESTA MPSOFTWARE VERSION 10**

**Colización para:**  
**Leidy Ramírez**  
**PILOTES DE COSTA RICA**  
 Alajuela, Costa Rica  
[lr Ramirez@pilotes.co.cr](mailto:lr Ramirez@pilotes.co.cr) / TEL: +[506]-453-0473

Descripción del producto/servicio	Usuarios	Precio Único	Pago Único	Suscripción Pago Anual
Programa MP Empresarial V10	3		\$5.880,00	\$2.060,00
	4		\$6.570,00	\$2.300,00
	5		\$7.260,00	\$2.540,00

Descripción del producto/servicio	Horas	Total
Instalación y Configuración del Programa / Consultoría / Entrenamiento Operativo Remoto	40	\$1.460,00

**Moneda: Dólares Americanos.**

**Detalles de la compra de la Versión 10 de MPSoftware (Licencia de por vida-Pago Único):**

- ✓ Compra única (Sin cargos adicionales).
- ✓ La licencia del software te pertenece de por vida.
- ✓ Incluye revisiones y cambios menores de la versión 10.
- ✓ Incluye centro de aprendizaje totalmente documentado con videos y diagramas.
- ✓ Incluye App Reporteador de solicitudes **ilimitados** para celulares y tabletas.
- ✓ Incluye App MP para celulares y tabletas.
- ✓ Incluye Usuarios Técnicos y Consulta GRATUITOS e ilimitados.
- ✓ Incluye soporte en configuración de usuarios e instalación.

  
 Calle 68, San Francisco, Casa N°06, Local 1-B, Panamá, República de Panamá  
 +507 6611-8768 / +58 4245371681

*Nota:* (MP GESTION DE MANTENIMIENTO PANAMÁ, S.A., 2021)

**ANEXOS**

A continuación, se detallan algunas imágenes de proyectos realizados por parte de la empresa Pilotes Preexcavados de Costa Rica S.A.

*Figura 30. Proyecto ubicado en Reventazón.*



*Nota: Pilotes Preexcavados de Costa Rica S.A. (s.f.)*

*Figura 31. Proyecto de concreto lanzado y anclajes.*



*Nota: Pilotes Preexcavados de Costa Rica S.A. (s.f.)*

*Figura 32. Proyecto de micropilotes.*



*Nota: Pilotes Preexcavados de Costa Rica S.A. (s.f.)*

*Figura 33. Proyecto ubicado en Florida Bebidas*



*Nota: Pilotes Preexcavados de Costa Rica S.A. (s.f.)*

*Figura 34. Reforzamiento de talud en Jacó.*



*Nota: Pilotes Preexcavados de Costa Rica S.A. (s.f.)*

*Figura 35. Perforación de pilotes en Tamarindo.*



*Nota: Pilotes Preexcavados de Costa Rica S.A. (s.f.)*