

GESTIÓN DE MAQUINARIA PESADA: REDUCCIÓN DE RIESGOS OPERATIVOS Y
TIEMPOS MUERTOS NO PLANIFICADOS EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

HERNÁN DARIO PATIÑO MORALES

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA

FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES Y EMPRESARIALES

MAESTRÍA EN GERENCIA DE PROYECTOS

BOGOTÁ D.C – 2025

GESTIÓN DE MAQUINARIA PESADA: REDUCCIÓN DE RIESGOS OPERATIVOS Y
TIEMPOS MUERTOS NO PLANIFICADOS EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

HERNÁN DARIO PATIÑO MORALES

Proyecto de grado para obtener el título de Magister en Gerencia de Proyectos

Asesor: JOAN DAVID GALEANO AVENDAÑO

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA

FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES Y EMPRESARIALES

MAESTRÍA EN GERENCIA DE PROYECTOS

BOGOTÁ D.C – 2025

Agradecimientos

En primera instancia me gustaría agradecer a mis padres Fernando Patiño y Sandra Morales ya que gracias a su apoyo me fue posible el culminar con éxito tanto el presente proyecto como la maestría en gerencia de proyectos, agradecer también a mi abuela Teresa Castellanos por apoyarme a su modo y desde la distancia en mi proceso de desarrollo del proyecto.

Dar agradecimientos a mi compañero Santiago Escobar ya que fue motivación para culminar el proyecto en los tiempos oportunos, brindándome información relevante para organizarme.

A la empresa Maquinobras SAS, por brindar su confianza y el soporte necesario tanto en términos documentales como en ayuda económica para culminar con éxito el proyecto.

Agradecer a la Universidad Piloto de Colombia, a sus docentes, al equipo administrativo y al asesor Joan David Galeano Avendaño, por la ayuda recibida para cumplir con mis objetivos profesionales y brindarme el medio para lograr esta etapa que es una meta más en mi vida, me dotaron de grandes enseñanzas para afrontar mi futuro tanto profesional como personal.

Tabla de Contenido

1. Planteamiento Inicial del Proyecto	20
1.1. Antecedentes.....	20
1.1.1. Antecedentes del Problema, Necesidad u Oportunidad	20
1.1.2. Descripción del Problema - Árbol de Problemas	22
1.1.3. Objetivos del Proyecto - Árbol de Objetivos.....	25
1.1.4. Matriz de Marco Lógico	27
1.2. Descripción Organización o Comunidad Fuente del Problema, Necesidad, Oportunidad o Expectativa	30
1.2.1. Descripción General – Marco Histórico de la Organización.....	30
1.2.2. Direccionamiento Estratégico de la Organización	31
• Objetivos Estratégicos de la Organización	31
• Políticas Institucionales	33
• Misión, Visión y Valores.....	34
• Mapa Estratégico	36
1.2.3. Estructura Organizacional	39
1.3. Caso de Negocio.....	40
1.3.1. Descripción de Alternativas.....	40
1.3.2. Criterios de Selección de Alternativas.....	43
1.3.3. Análisis de Alternativas	47

1.3.4. Selección de Alternativa	51
1.3.5. Justificación del Proyecto	55
1.4. Marco Teórico	55
1.5. Marco Metodológico	60
1.5.1. Enfoque de Investigación	60
1.5.2. Tipo de Investigación.....	61
1.5.3. Población y Muestra	62
1.5.4. Herramientas Para la Recolección de Información	64
1.5.5. Fuentes de Información	65
2. Estudios y Evaluaciones	69
2.1. Estudio de Mercado.....	69
2.1.1. Población	69
2.1.2. Proyección Demanda del Mercado.....	70
2.1.3. Proyección Oferta del Mercado	71
2.1.4. Punto Equilibrio Oferta – Demanda del Mercado	72
2.1.5. Pronóstico de Ventas y Comercialización del Producto	76
2.1.6. Factores de Competencia del Mercado y Distintivos del Proyecto	78
2.1.7. Determinación de Precio(s) / Estrategias de Comercialización del Producto	79
2.2. Estudio Técnico.....	83
2.2.1. Definición Técnica y Conceptual del Proyecto – Producto.....	83

2.2.2. Ingeniería del Proyecto – Procesos Productivos.....	84
2.2.3. Tamaño del Proyecto	86
2.2.4. Localización del Proyecto	89
2.2.5. Organización del Proyecto.....	91
2.2.6. Requerimiento Para el Desarrollo del Proyecto	94
2.2.7. Supuestos y Restricciones del Proyecto	96
2.3. Estudio Financiero.....	99
2.3.1. Estimación del Valor de la Inversión del Proyecto.....	99
2.3.2. Definición y Determinación de Costos y Gastos de Operación	102
2.3.3. Determinación de Fuentes de Financiación, Costo de Capital y Uso de Fondos	104
2.3.4. Flujo de Caja del Proyecto.....	106
2.3.5. Proyección de Estados Financieros del Proyecto	108
2.3.6. Determinación del Flujo de Caja Neto del Proyecto	111
2.3.7. Determinación Tasa de Descuento del Proyecto	114
2.3.8. Evaluación Financiera del Proyecto	116
2.3.9. Análisis de Sensibilidad y Planes de Contingencia	118
2.4. Estudio Social y Ambiental	121
2.4.1. Definición del Impacto Social y Ambiental	121
2.4.2. Análisis, Descripción y Categorización de Beneficios y Costos Sociales. Balance Social	124

2.4.3. Análisis, Descripción y Categorización de Beneficios y Costos Ambientales	127
2.4.4. Análisis Ciclo de Vida del Producto o Bien o Servicio o Resultado	130
2.4.5. Definición de Flujo de Entradas y Salidas.....	134
2.4.6. Cálculo de Impacto Ambiental Bajo Criterios P5 TM	136
2.4.7. Cálculo de Huella de Carbono.....	139
2.4.8. Estrategias de Mitigación de Impacto Ambiental.....	141
3. Inicio y Planeación del Proyecto.....	144
3.1. Aprobación del Proyecto	144
3.2. Plan de Gestión del Proyecto	146
3.2.1. Plan de Gestión de Interesados.....	146
a. Identificación y Categorización de Interesados	146
b. Matriz de Interesados.....	148
c. Matriz Dependencia Influencia	151
d. Formato Para la Resolución de Conflictos y Gestión de Expectativas	154
3.2.2. Plan de Gestión de Alcance	157
a. Project Scope Statement.....	157
b. Documento de Requisitos	159
c. Matriz de Trazabilidad de Requisitos.....	161
d. Actas de Cierre de Proyecto o Fase.....	163
e. Línea Base de Alcance con EDT/WBS a Quinto Nivel de Desagregación.....	165

f. EDP.....	167
g. Diccionario de la WBS	169
3.2.3. Plan de Gestión de Comunicaciones	171
a. Matriz de Comunicaciones.....	171
b. Flujograma de las Comunicaciones	173
c. Glosario de Terminología Común.....	178
3.2.4. Plan de Gestión del Cronograma	180
a. Listado de Actividades con Estimación de Duraciones Esperadas con Uso de la Distribución PERT Beta-Normal	180
b. Línea Base Tiempo	182
c. Diagrama de Red.....	186
d. Cronograma – Diagrama de Gantt, Donde se Identifique la Ruta Crítica	187
e. Nivelación de Recursos y Uso de Recursos	188
3.2.5. Plan de Gestión del Costo.....	191
a. Línea Base de Costos	191
b. Presupuesto por Actividades	195
c. Estructura de Desagregación de Recursos ReBS	198
d. Estructura de Desagregación de Costos CBS	204
e. Indicadores de Medición de Desempeño	206
f. Aplicación Técnica del Valor Ganado con Curvas S Avance	208

3.2.6. Plan de Gestión de Calidad.....	215
a. Especificaciones Técnicas de Requerimientos.....	215
b. Herramientas de Control de la Calidad.....	218
c. Formato Inspecciones.....	225
d. Formato Auditorias	228
e. Listas de Verificación de los Entregables.....	230
3.2.7. Plan de Gestión de Recursos	233
a. Identificación y Adquisición de Recursos.....	233
b. Estructura Desagregación de Recursos.....	236
c. Definición de Roles, Responsabilidades y Competencias del Equipo	239
d. Matriz de Asignación de Responsabilidades a Nivel de Paquete de Trabajo	245
e. Histograma y Horario de Recursos	247
f. Plan de Capacitación y Desarrollo del Equipo	250
g. Identificación de Procesos de Seguridad y Salud en el Trabajo	254
h. Esquema de Contratación y Liberación del Personal	257
i. Definición de Indicadores de Medición de Desempeño del Equipo y Esquema de Incentivos y Recompensas.....	260
j. Identificación de Habilidades Blandas Para el Desarrollo del Proyecto	263
3.2.8. Plan de Gestión del Riesgo.....	266
a. Identificación de Riesgos y Determinación de Umbral	266

b. Risk Breakdown Structure -RiBS-	268
c. Análisis de Riesgos del Proyecto	270
d. Matriz de Riesgos	272
e. Plan de Respuesta a Riesgo, Rastreado y Monitoreando los Riesgos Residuales	274
3.2.9. Plan de Gestión de Adquisiciones	277
a. Definición y Criterios de Valoración de Proveedores	277
b. Selección y Tipificación de Contratos	280
c. Criterios de Contratación, Ejecución y Control de Compras y Contratos	282
d. Cronograma de Compras con la Asignación de Responsable	284
e. Sostenibilidad en el Proceso de Adquisiciones	287
4. Lecciones Aprendidas	290
5. Conclusiones y Recomendaciones	293
6. Referencias	296
7. Anexos	304

Tabla de Tablas

Tabla 1. Matriz de Marco Lógico.....	28
Tabla 2. Criterios de selección de alternativas	46
Tabla 3. Evaluación de alternativas.....	47
Tabla 4. Punto de equilibrio	74
Tabla 5. Proyección de ingresos.....	76
Tabla 6. Determinación de precio	82
Tabla 7. Capacidad proyectada de ocupación	88
Tabla 8. Activos fijos	99
Tabla 9. Costos pre-operativos.....	100
Tabla 10. Capital de trabajo inicial	101
Tabla 11. Inversión total estimada del proyecto.....	101
Tabla 12. Costos operacionales directos	103
Tabla 13. Gastos administrativos y generales	103
Tabla 14. Resumen de costos y gastos operativos anuales	104
Tabla 15. Fuentes de financiación.....	105
Tabla 16. Uso de fondos.....	106
Tabla 17. Flujo de caja nominal del proyecto	107
Tabla 18. Presupuesto de Tesorería.....	109
Tabla 19. Estado de Resultados Proyectado	109
Tabla 20. Balance General Proforma	110
Tabla 21. Supuestos adicionales:	112
Tabla 22. Flujo de caja neto del proyecto	112

Tabla 23. CAPM	114
Tabla 24. Validación y sensibilidad.....	115
Tabla 25. VPN, TIR, índice beneficio-costo y punto de equilibrio.....	116
Tabla 26. Variables críticas analizadas.....	118
Tabla 27. Escenarios simulados	119
Tabla 28. Planes de contingencia y respuestas al riesgo	119
Tabla 29. Criterios de clasificación.....	124
Tabla 30. Beneficios sociales identificados	125
Tabla 31. Costos sociales identificados	125
Tabla 32. Balance social preliminar.....	126
Tabla 33. Criterios de clasificación.....	127
Tabla 34. Beneficios ambientales identificados.....	128
Tabla 35. Costos ambientales identificados	128
Tabla 36. Balance ambiental preliminar	129
Tabla 37. Definiciones de base	131
Tabla 38. Resultados Eco-Indicator 99	131
Tabla 39. Huella de carbono PAS 2050	132
Tabla 40. Matriz consolidada de entradas y salidas por fase	134
Tabla 41. Balance de masa y energía de referencia	135
Tabla 42. Indicadores y valores utilizados	137
Tabla 43. Resultado del Índice de Impacto Planet.....	138
Tabla 44. Alcance y límites.....	139
Tabla 45. Resultados por unidad funcional.....	139

Tabla 46. Huella total del proyecto	140
Tabla 47. Estrategias de mitigación de impacto ambiental	141
Tabla 48. Acta de Constitución del Proyecto	144
Tabla 49. Identificación y Categorización de Interesados	146
Tabla 50. Matriz de poder e interés de los interesados	148
Tabla 51. Matriz dependencia–influencia de interesados	152
Tabla 52. Formato de resolución de conflictos y gestión de expectativas	155
Tabla 53. Acta de Declaración del Alcance.....	157
Tabla 54. Documento de requisitos del proyecto.....	160
Tabla 55. Matriz de trazabilidad de requisitos	162
Tabla 56. Formato de Acta de Cierre de Proyecto o Fase	164
Tabla 57. Ejemplo parcial del Diccionario de la WBS	170
Tabla 58. Matriz de comunicaciones del proyecto.....	171
Tabla 59. Niveles de escalamiento de información	175
Tabla 60. Glosario de términos	178
Tabla 61. Listado de actividades y estimación de duraciones.....	180
Tabla 62. Línea base de tiempo del proyecto resumida de ruta crítica	183
Tabla 63. Línea base de costos para ruta crítica.....	191
Tabla 64. Presupuesto por actividades principales	195
Tabla 65. Distribución de recursos.....	202
Tabla 66. Indicadores de Desempeño en Plazo.....	206
Tabla 67. Indicadores de Desempeño en Costos.....	206
Tabla 68. Indicadores de Desempeño de Calidad y Operativos.....	207

Tabla 69. Resultados de valor ganado obtenidos mediante Project al 14/08/25	210
Tabla 70. Hoja de Chequeo 1 – Inspección diaria de maquinaria pesada	222
Tabla 71. Hoja de Chequeo 2 – Mantenimiento preventivo semanal	223
Tabla 72. Hoja de Chequeo 3 – Control de tiempos muertos y fallas operativas	223
Tabla 73. Formato de Inspección de Maquinaria Pesada – Diario/Semanal.....	226
Tabla 74. Checklist de Inspección	226
Tabla 75. Formato de Auditoría – Proyecto Gestión de Maquinaria Pesada	228
Tabla 76. Checklist de Auditoría.....	228
Tabla 77. Plan de Acción Correctiva.....	229
Tabla 78. Formato General – Lista de Verificación de Entregables.....	231
Tabla 79. Criterios de Verificación	231
Tabla 80. Tabla de ejemplo RACI.....	246
Tabla 81. Ejemplo de matriz cualitativa de riesgos	270
Tabla 82. Ejemplo de cálculo del VEE	271
Tabla 83. Matriz de riesgos del proyecto	273
Tabla 84. Plan de respuesta a riesgos priorizados.....	275
Tabla 85. Criterios de valoración de proveedores.....	278
Tabla 86. Cronograma de Compras y Responsables.....	285

Tabla de Figuras

Figura 1. Árbol de problemas	24
Figura 2. Árbol de objetivos	26
Figura 3. Mapa estratégico.....	36
Figura 4. Estructura Organizacional	39
Figura 5. Punto de equilibrio	75
Figura 6. Matriz poder/interés.....	150
Figura 7. Matriz dependencia-influencia	153
Figura 8. Estructura de Desglose del Trabajo	166
Figura 9. EDP Resumida.....	168
Figura 10. Flujograma del proceso de comunicaciones y escalamiento	175
Figura 11. Representación gráfica simplificada del flujo de comunicación y escalamiento	176
Figura 12. Estadísticas de recursos	199
Figura 13. EDR.....	200
Figura 14. EDC	205
Figura 15. Curva S avance.....	208
Figura 16. Herramientas de control de la calidad	218
Figura 17. Herramientas de control de la calidad	220
Figura 18. ReBS.....	236
Figura 19. Histograma de recursos	248
Figura 20. RiBS	268

Resumen

El presente trabajo de tesis tiene como objetivo implementar un programa de mantenimiento preventivo en la gestión de maquinaria pesada de la empresa Maquinobras SAS para reducir los riesgos operativos y los tiempos muertos no planificados. La investigación, de enfoque mixto, combina métodos cualitativos y cuantitativos para diagnosticar la situación actual de la flota de maquinaria. A través de encuestas y entrevistas al personal, se identificaron prácticas inadecuadas de mantenimiento que afectan la productividad y aumentan los costos operativos.

Se propone un programa maestro de mantenimiento preventivo que incluye la planificación y programación de tareas para minimizar fallas, prolongar la vida útil de los equipos y optimizar su rendimiento. El análisis de casos exitosos en otras empresas del sector demuestra que esta estrategia no solo reduce costos de reparación, sino que también mejora la satisfacción del cliente.

Los resultados del análisis financiero muestran un Valor Actual Neto (VAN) positivo y una Tasa Interna de Retorno (TIR) atractiva, lo que respalda la viabilidad económica del programa. En conclusión, una gestión adecuada de la maquinaria pesada y un enfoque proactivo en el mantenimiento son fundamentales para el crecimiento sostenible de Maquinobras SAS en el sector construcción.

Palabras clave: Gestión de maquinaria pesada, mantenimiento preventivo, reducción de riesgos, eficiencia operativa.

Abstract

The purpose of this thesis is to implement a preventive maintenance program in the management of heavy machinery at the company Maquinobras SAS to reduce operational risks and unplanned downtime. The research, with a mixed approach, combines qualitative and quantitative methods to diagnose the current situation of the machinery fleet. Through surveys and interviews with staff, inadequate maintenance practices were identified that affect productivity and increase operating costs.

A master preventive maintenance program is proposed that includes planning and scheduling tasks to minimize failures, prolong the useful life of the equipment and optimize its performance. The analysis of successful cases in other companies in the sector shows that this strategy not only reduces repair costs, but also improves customer satisfaction.

The results of the financial analysis show a positive Net Present Value (NPV) and an attractive Internal Rate of Return (IRR), which supports the economic viability of the program. In conclusion, proper management of heavy machinery and a proactive approach to maintenance are essential for the sustainable growth of Maquinobras SAS in the construction sector.

Keywords: Heavy machinery management, preventive maintenance, risk reduction, operational efficiency.

Introducción

La gestión de maquinaria pesada en el sector de la construcción es un componente crítico para el éxito de los proyectos, dado que el rendimiento y la disponibilidad de estos equipos influyen directamente en la productividad y la rentabilidad. En este contexto, la empresa Maquinobras SAS, dedicada al alquiler de maquinaria pesada desde 2011, enfrenta desafíos significativos relacionados con los tiempos muertos no planificados y los riesgos operativos derivados de un mantenimiento inadecuado. Estos problemas no solo afectan la eficiencia operativa, sino que también repercuten en la satisfacción del cliente y en la sostenibilidad del negocio.

El mantenimiento preventivo se presenta como una estrategia eficaz para mitigar estos riesgos, al permitir la identificación y corrección de fallas antes de que se conviertan en problemas mayores. A través de la implementación de un programa estructurado de mantenimiento, se busca optimizar el rendimiento de la maquinaria, prolongar su vida útil y reducir los costos operativos asociados a reparaciones y paradas imprevistas.

En las empresas de construcción, la problemática de la gestión en maquinaria pesada, más específicamente en regiones como Granada Meta, demuestra un reto constante por los tiempos muertos no planificados y los riesgos operativos, los cuales representan un problema para el desarrollo de los proyectos. Estos problemas no solo producen una reducción en la eficiencia y aumentos en los sobrecostos, también comprometen la sostenibilidad empresarial y la satisfacción de los clientes. Teniendo esto en cuenta, la investigación y aplicación adquieren relevancia al ver de qué forma es posible afrontar estas limitaciones por medio de un análisis de la situación actual, soportado en metodologías de investigación las cuales combinan enfoques cuantitativos y cualitativos. De este modo se constituye un marco de referencia que dará paso a

entender las causas del problema y establecer las bases para planteamiento de estrategias enfocadas en mejorar el rendimiento y la disponibilidad de los equipos en el sector de la construcción.

1. Planteamiento Inicial del Proyecto

1.1. Antecedentes

1.1.1. Antecedentes del Problema, Necesidad u Oportunidad

En el ámbito de la construcción en Colombia, la maquinaria pesada es clave para realizar proyectos de infraestructura de manera efectiva. Con equipos como excavadoras, retroexcavadoras, cargadores frontales y grúas, es posible hacer tareas que, sin ellos, necesitarían más trabajo manual y tiempo, lo que elevaría los costos y retrasaría la entrega. Actualmente, dado que la complejidad y el tamaño de los proyectos de construcción han aumentado considerablemente en el país, la necesidad de utilizar esta maquinaria se ha vuelto más fuerte para llevar a cabo las tareas de forma rápida y a un costo razonable. En resumen, para la construcción en Colombia, la maquinaria pesada es fundamental para avanzar de manera eficiente en los proyectos de infraestructura. Al mismo tiempo que nos volvemos cada vez más dependientes de ellos, nos encontramos con desafíos importantes a la hora de gestionar estos equipos de manera efectiva. En particular, el mantenimiento, los tiempos de inactividad y los fallos inesperados se han convertido en problemas significativos.

La construcción en Colombia se enfrenta a un gran desafío: los fallos inesperados y los tiempos muertos en la maquinaria pesada. Esto da lugar a una serie de problemas, empezando por el aumento de los costos de reparación y el costo de los repuestos, pero también genera retrasos en la ejecución de los proyectos, posibles multas por no cumplir con los contratos y, lo peor de todo, una pérdida de competitividad en el mercado. La suma de estos contratiempos puede tener consecuencias graves para las empresas, ya que no solo afectan su economía, sino también su reputación y capacidad para afrontar proyectos futuros. Estudios recientes han

revelado una cifra impactante: los tiempos muertos en la operación de equipos llegan a consumir hasta un 30% del tiempo total, lo que tiene un costo descomunal para las empresas, especialmente en términos financieros, ya que pueden acumular millones de pesos en pérdidas.

En regiones como Granada, Meta, la gestión de maquinaria pesada en empresas de construcción se enfrenta a un desafío singular. Consiste en minimizar el impacto de los fallos operativos y velar por un uso óptimo de los equipos. Esto reviste una especial importancia en empresas que se dedican al alquiler de maquinaria, como es el caso de Maquinobras SAS. Dada la naturaleza de su modelo de negocio, que gira en gran medida en torno a la constante disponibilidad de la maquinaria, es clave para cumplir con los compromisos adquiridos con los clientes. Cuando se producen fallas en un equipo dentro de una empresa, no solo se resentirá el rendimiento interno, sino que también perjudicará la percepción que tienen los clientes y el valor de la marca en general.

El problema se ve agravado cuando no se lleva a cabo un mantenimiento decente o cuando no se establecen estrategias para prevenir y predecir problemas. Aunque hay distintos enfoques para gestionar el mantenimiento de la maquinaria, muchas compañías constructoras en Colombia no aplican de manera efectiva el mantenimiento preventivo ni el predictivo, lo que aumenta la probabilidad de fracasos imprevistos. El mantenimiento preventivo implica hacer revisiones periódicas para evitar problemas, mientras que el mantenimiento predictivo se sirve de datos en tiempo real para anticipar posibles fallos antes de que sucedan. Esto permite a las empresas prepararse mejor para posibles interrupciones. Pero, hay un obstáculo. Las pequeñas y medianas empresas no siempre tienen los recursos para invertir en tecnología y capacitación, aunque es indispensable para adaptarse a las nuevas estrategias. Esto es particularmente difícil

para ellas, ya que suelen no contar con el presupuesto necesario para enfrentar estos desafíos de forma efectiva.

En el mundo de la maquinaria pesada, hay una necesidad apremiante de encontrar formas de reducir riesgos. Esto se debe a que las empresas que operan con esta clase de equipo pueden sufrir pérdidas significativas cuando algo sale mal. Por otro lado, esto también puede ser una excelente oportunidad para que esas empresas cambien sus prácticas y se vuelvan más eficientes. Si logran reducir los tiempos muertos y fallos, podrían mejorar considerablemente su desempeño y ofrecer servicios más seguros y rápidos a sus clientes, lo que a su vez les permitiría mejorar su posición en el mercado. Al hacer esto, no solo evitarían pérdidas, sino que también se volverían más competitivas. Empresas como Maquinobras SAS necesitan adoptar estas estrategias para que sus equipos funcionen lo mejor posible y sigan siendo competitivas en un mercado muy demandante.

El estudio que aquí se presenta trata de dar respuesta a una Problemática importante. Busca analizar formas de reducir riesgos en el mantenimiento y uso de maquinaria pesada. El objetivo es básicamente reducir tiempos de inactividad no planificados y errores en la operación. Se busca ver que prácticas han funcionado bien, estudiar casos con resultados positivos y poner en marcha métodos eficaces. Esto podría incluir métodos como la Teoría de las Restricciones. Con esto, se esperan soluciones reales a los problemas actuales que enfrentan las empresas que alquilan maquinaria para la construcción en Colombia.

1.1.2. Descripción del Problema - Árbol de Problemas

En el mundo de la construcción, especialmente en zonas como Granada o Meta, es crucial tener un buen control sobre la maquinaria pesada para que las empresas de alquiler de equipos funcionen sin problemas. Esto se debe a que las condiciones de trabajo en estas regiones y las

demandas del mercado son muy exigentes. Maquinobras SAS, una compañía que se dedica a alquilar maquinaria pesada, está lidiando con algunas dificultades importantes debido a que no maneja muy bien su flota de equipos. Esto ha llevado a paradas no programadas, fallas en la operación y gastos de mantenimiento más altos de lo necesario.

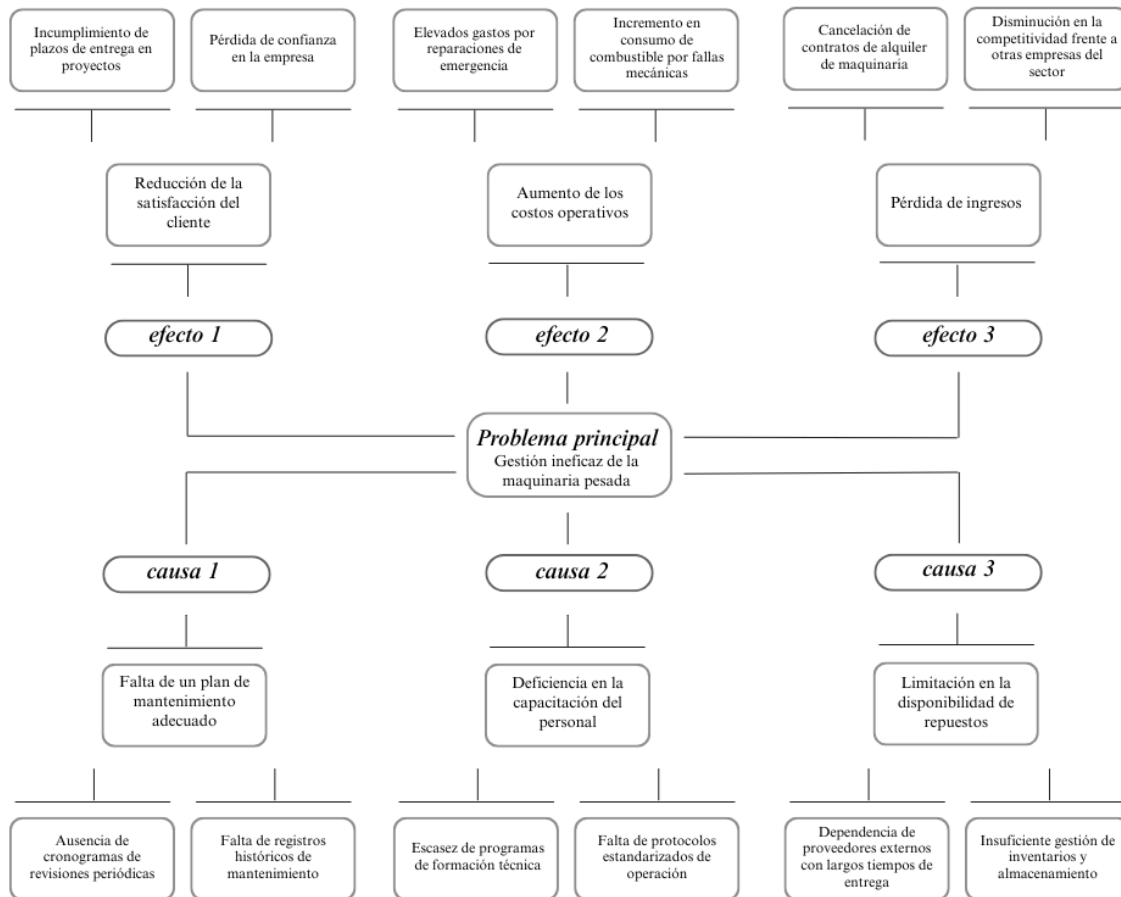
La empresa cuenta con un parque de maquinaria que incluye dos excavadoras sobre orugas y un vibrocompactador, lo cual es esencial para cumplir con los compromisos que se han adquirido con los clientes. No obstante, el hecho de no contar con un mantenimiento preventivo adecuado, y sumarle a eso las fallas operativas que ocurren cuando menos se esperan, hace que las máquinas pasen períodos bastante largos sin funcionar, y como resultado, la disponibilidad de los equipos se reduce de manera significativa. La empresa también posee una retroexcavadora y una volqueta. Sin embargo, como no son muy rentables, solo se utilizan para fines personales, lo que restringe todo el potencial de la flota de vehículos. Maquinobras SAS se enfrenta a un problema grave con la gestión de sus máquinas. Hace falta una forma completa de manejar los riesgos que vienen con el mantenimiento y los fallos durante las operaciones. Esto puede hacer que sus procesos no sean eficientes, que sus clientes no queden satisfechos y, al final, que la empresa no pueda competir en el mercado de alquiler de maquinaria pesada en Colombia.

En muchas organizaciones, surge un problema cuando se intenta gestionar el mantenimiento. Esto se debe a que no hay un plan claro que tenga en cuenta tanto el mantenimiento para evitar problemas como el que intenta predecirlos. La falta de herramientas modernas que detecten problemas antes de que ocurran se combina con el hecho de que el personal no siempre tiene la formación necesaria y no siempre hay repuestos disponibles. Todo esto hace que las cosas fallen más a menudo, lo que empeora aún más la situación. La situación con los equipos de Maquinobras SAS está teniendo un impacto directo en las finanzas de la

empresa. Los costos operativos se disparan cuando se tienen que hacer reparaciones de emergencia o se presentan tiempos muertos que no se habían planeado. Pero eso no es todo: los clientes también se ven afectados porque dependen de que la maquinaria esté siempre disponible para cumplir con sus propios plazos y proyectos. Cuando los equipos no están en condiciones, se presentan retrasos en la ejecución de los trabajos. Eso genera una gran insatisfacción en los clientes y perjudica la reputación en un mercado donde la competencia es feroz.

En últimas, la disponibilidad constante de los equipos es clave para mantenerse competitivos y satisfacer las necesidades de los clientes. Sin embargo, hasta ahora, la falta de equipos en buen estado ha sido un tema recurrente que requerirá atención especial para no afectar la posición en el mercado. La situación actual requiere cambios para reducir los retrasos inesperados, mejorar la gestión de los costos y aumentar la fiabilidad de los equipos. Esto mejorará la relación costo-beneficio y traerá mejor servicio al cliente. Algo tiene que hacerse para abordar los problemas actuales y mejorar las operaciones diarias, llevando a ahorros y una mayor satisfacción del cliente. La clave está en encontrar las mejores formas de mejorar y solucionar los problemas de ineficiencia, aumentando la producción y reduciendo gastos innecesarios. Estos pasos deben llevar a una mejor situación para todos los involucrados. Los esfuerzos para mejorar deben centrarse en resultados tangibles y en la percepción del cliente, quienes son la razón de ser de todo negocio. Mejorar día a día es esencial, lo mismo que ofrecer respuestas oportunas a los desafíos que se presentan y asegurar la calidad y la confiabilidad en cada etapa. En el fin, lo que se busca es ofrecer más valor y obtener mejores resultados.

Figura 1. Árbol de problemas



Fuente: Construcción del autor.

1.1.3. Objetivos del Proyecto - Árbol de Objetivos

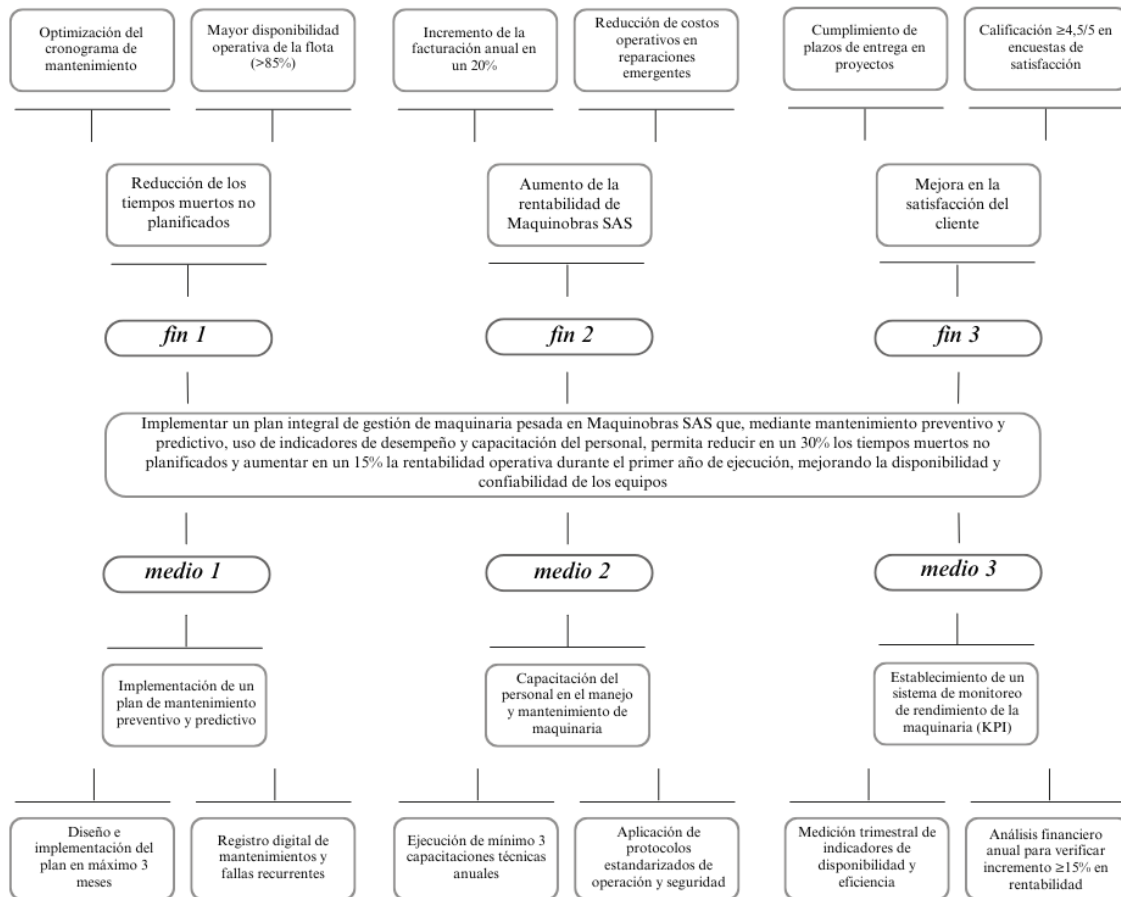
Objetivo General:

Implementar un plan integral de gestión de maquinaria pesada en Maquinobras SAS que, mediante mantenimiento preventivo y predictivo, uso de indicadores de desempeño y capacitación del personal, permita reducir en un 30% los tiempos muertos no planificados y aumentar en un 15% la rentabilidad operativa durante el primer año de ejecución, mejorando la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.

Objetivos Específicos:

- Diagnosticar el estado actual de la gestión de mantenimiento de la flota de Maquinobras SAS en los primeros tres meses, por medio de entrevistas, revisión documental y encuestas al personal, con el fin de identificar fallas recurrentes y causas de los tiempos muertos no planificados.
- Diseñar e implementar un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para la flota activa (dos excavadoras sobre orugas y un vibro compactador) en un plazo máximo de seis meses, garantizando la creación de registros técnicos que permitan anticipar fallos operativos y la programación de revisiones periódicas.
- Capacitar al 100% del personal técnico y operativo en protocolos de seguridad, mantenimiento y operación estandarizada durante el primer año del proyecto, reduciendo fallas por errores humanos y asegurando la correcta aplicación del plan diseñado.
- Establecer un sistema de monitoreo y control basado en indicadores clave de desempeño (KPI) - reducción del 30% en tiempos muertos, disponibilidad >85% de la maquinaria y satisfacción del cliente $\geq 4,5/5$ - y reportarlos trimestralmente durante el primer año para evaluar el cumplimiento de las metas.
- Evaluar el impacto financiero del plan integral de gestión, demostrando al cierre del primer año un incremento mínimo del 15% en la rentabilidad de la empresa y la sostenibilidad del modelo a través de un análisis de VAN, TIR e índice beneficio-costo positivo.

Figura 2. Árbol de objetivos



Fuente: Construcción del autor.

1.1.4. Matriz de Marco Lógico

La Matriz de Marco Lógico es fundamental en la planificación y evaluación de proyectos, ya que ordena de forma coherente los objetivos, indicadores, medios de verificación y los supuestos que rodean el proyecto. En este caso, se creó una matriz especial para abordar el problema de la gestión de maquinaria pesada en Maquinobras SAS, centrándose particularmente en la disminución de riesgos relacionados con el mantenimiento y los fallos durante operaciones. Esto se hace posible al tener una estructura clara que organiza toda la información relevante, asegurando que cada elemento se encuentre perfectamente alineado con los objetivos generales del proyecto.

Tabla 1. Matriz de Marco Lógico

Niveles	Objetivos	Indicadores	Medios de Verificación	Supuestos
Objetivo General	Desarrollar estrategias de mitigación de riesgos en la gestión de maquinaria pesada en Maquinobras SAS.	- Reducción de tiempos muertos no planificados en un 30% en un año. - Aumento de la rentabilidad en un 15% en el primer año.	- Informes de operación y mantenimiento. - Estados financieros.	- Compromiso de la dirección para implementar cambios. - Estabilidad del mercado de construcción en la región.
Fines	1. Reducción de los tiempos muertos no planificados. 2. Aumento de la rentabilidad de Maquinobras SAS. 3. Mejora en la satisfacción del cliente.	- Disponibilidad operativa de la maquinaria superior al 85%. - Incremento de la facturación en un 20%. - Encuestas de satisfacción con una calificación promedio de al menos 4.5/5.	- Reportes de uso de maquinaria. - Análisis de ventas. - Resultados de encuestas a clientes.	- Capacitación efectiva del personal. - Mantenimiento continuo de los equipos.
Medios	1. Implementación de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo. 2. Capacitación del personal en el manejo y mantenimiento de maquinaria. 3. Establecimiento de un sistema de monitoreo de rendimiento de la maquinaria.	- Plan de mantenimiento diseñado e implementado en 3 meses. - Al menos 3 sesiones de capacitación realizadas en un año. - KPI establecidos y reportados trimestralmente.	- Documentación del plan de mantenimiento. - Registros de asistencia a capacitaciones. - Informes de monitoreo de KPI.	- Disponibilidad de recursos para la capacitación. - Compromiso del personal para participar en el proceso de mejora.

Fuente: Construcción del autor.

En la columna de niveles, se establece una jerarquía que inicia con el Objetivo General, que es desarrollar estrategias efectivas para mitigar los riesgos en la gestión de maquinaria pesada. Este objetivo busca mejorar la eficiencia operativa de la empresa, lo que conlleva la

reducción de tiempos muertos no planificados y, en consecuencia, un aumento en la rentabilidad y la satisfacción del cliente.

La columna de objetivos desglosa este objetivo general en fines y medios específicos. Los fines incluyen la reducción de los tiempos muertos no planificados, el aumento de la rentabilidad de la empresa y la mejora en la satisfacción del cliente. Por otro lado, los medios plantean acciones concretas, como la implementación de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo, la capacitación del personal y el establecimiento de un sistema de monitoreo de rendimiento.

La columna de indicadores presenta criterios cuantificables que permitirán medir el avance y el éxito de los objetivos establecidos. Por ejemplo, se espera lograr una reducción del 30% en los tiempos muertos no planificados, un incremento del 15% en la rentabilidad de la empresa y una calificación promedio de al menos 4.5/5 en las encuestas de satisfacción del cliente.

En la columna de medios de verificación, se indican las fuentes de información que se utilizarán para validar los indicadores propuestos. Esto incluye informes de operación y mantenimiento, estados financieros, registros de capacitaciones y resultados de encuestas a clientes, entre otros.

Finalmente, la columna de supuestos aborda las condiciones externas necesarias para garantizar el éxito del proyecto. Estos supuestos incluyen el compromiso de la dirección de la empresa para implementar las mejoras, la estabilidad del mercado de construcción en la región y la disponibilidad de recursos para llevar a cabo las capacitaciones necesarias.

En resumen, la Matriz de Marco Lógico es una herramienta que ayuda a entender mejor los objetivos y acciones de un proyecto. Al presentar de manera clara los diferentes niveles,

objetivos y formas de medir el progreso, esta herramienta es esencial para implementar planes efectivos que reduzcan los riesgos en la gestión de maquinaria pesada en Maquinobras SAS. Con ella, se puede trabajar de manera organizada y enfocada en los resultados, lo que a su vez permite mejorar la eficiencia con la que la empresa opera.

1.2. Descripción Organización o Comunidad Fuente del Problema, Necesidad, Oportunidad o Expectativa

1.2.1. Descripción General – Marco Histórico de la Organización

Maquinobras SAS, con sede en Granada, Meta, Colombia, se dedica al alquiler de maquinaria pesada. Ha crecido en un entorno donde la industria de la construcción ha tenido un gran auge en la región. Desde que comenzó, la empresa ha buscado cubrir la necesidad cada vez mayor de equipos pesados para hacer carreteras, puentes y edificios, y así cumplir con los proyectos de construcción que se llevan a cabo.

Maquinobras SAS ha tenido que superar diversos obstáculos y aprovechar oportunidades en un entorno muy competitivo a lo largo de su historia. En la actualidad, la empresa opera con una flota que incluye dos excavadoras sobre orugas y un vibrocompactador que están en activo. También tiene una retroexcavadora y una volqueta, aunque estos equipos solo se usan para tareas internas porque no son lo suficientemente rentables como para justificar su uso en proyectos externos. Esta situación pone de relieve la importancia de administrar la maquinaria de manera efectiva para lograr el máximo nivel de eficiencia en las operaciones y asegurar que el negocio sea rentable.

En Colombia, la construcción ha estado en auge desde hace algunos años, básicamente debido a las políticas gubernamentales que buscan invertir en infraestructura y al crecimiento de la inversión privada. Esto ha generado un panorama con muchas oportunidades, pero también

numerosos desafíos para las empresas que se dedican al alquiler de maquinaria pesada. La competencia en este mercado es tan feroz que las compañías se ven obligadas a estar siempre buscando la manera de mejorar sus procesos internos, prestar una mejor atención a sus clientes y gestionar de forma eficiente sus recursos, especialmente las máquinas que alquilan.

Sin embargo, la industria enfrenta un problema persistente con la gestión de la maquinaria pesada. Los tiempos muertos inesperados, los fallos en las operaciones y los altos costos de mantenimiento son solo algunos de los desafíos que las empresas deben superar. En el caso de Maquinobras SAS, estos problemas no solo afectan los márgenes de ganancia, sino que también tienen un impacto significativo en la satisfacción del cliente y en cómo se percibe la empresa en el mercado.

Por lo tanto, la importancia de implementar estrategias efectivas para manejar y reducir los riesgos en el cuidado de la maquinaria es fundamental. Al investigar formas de mejorar los procesos de mantenimiento, capacitar mejor al personal y supervisar de cerca el desempeño de los equipos, Maquinobras SAS puede mejorar su posición en el mercado, aumentar sus ganancias y darles a sus clientes un servicio mejor.

En este contexto, el proyecto que se presenta tiene como objetivo principal atender no solo los desafíos actuales de la organización, sino también impulsar el progreso sostenible de la industria de renting de maquinaria pesada en la región. De este modo, se busca fortalecer a Maquinobras SAS como un líder en la gestión eficaz de recursos dentro del ámbito de la construcción, destacándose por su eficiencia y compromiso con el desarrollo de la región.

1.2.2. Direccionamiento Estratégico de la Organización

- **Objetivos Estratégicos de la Organización**

- ✓ Incrementar la Rentabilidad de la Empresa

- Mejorar la eficiencia operativa mediante la optimización de los procesos de alquiler y mantenimiento de maquinaria pesada, buscando un incremento del 15% en la rentabilidad en un plazo de dos años.
- ✓ Mejorar la Satisfacción del Cliente
 - Implementar un sistema de gestión de calidad que permita alcanzar una calificación promedio de al menos 4.5/5 en las encuestas de satisfacción del cliente, asegurando un servicio eficiente y un excelente soporte técnico.
- ✓ Desarrollar una Flota de Maquinaria Eficiente
 - Ampliar y modernizar la flota de maquinaria pesada para adaptarse a las necesidades del mercado, incluyendo la adquisición de al menos un nuevo equipo cada año, priorizando aquellos que ofrezcan mayor rentabilidad y eficiencia.
- ✓ Fortalecer la Capacitación del Personal
 - Establecer un programa de capacitación continua para el personal operativo y administrativo, con el objetivo de mejorar las habilidades técnicas y de gestión, asegurando que al menos el 80% del personal reciba formación específica cada año.
- ✓ Implementar un Sistema de Mantenimiento Preventivo y Predictivo
 - Desarrollar e implementar un plan de mantenimiento integral que reduzca los tiempos muertos no planificados en al menos un 30% durante los próximos dos años, garantizando así la operatividad y disponibilidad de la maquinaria.
- ✓ Fomentar la Innovación y la Sostenibilidad

- Adoptar prácticas de negocio sostenibles y promover la innovación en la gestión de maquinaria, buscando la implementación de tecnologías que reduzcan el consumo energético y el impacto ambiental de las operaciones.
- **Políticas Institucionales**
 - Política de Calidad
 - Maquinobras SAS se compromete a ofrecer un servicio de alquiler de maquinaria pesada de alta calidad, garantizando la satisfacción del cliente a través de la mejora continua de nuestros procesos y el cumplimiento de las normativas aplicables.
 - Política de Seguridad y Salud en el Trabajo
 - La seguridad y salud de nuestros empleados es una prioridad en Maquinobras SAS. Nos comprometemos a crear un ambiente laboral seguro y saludable, implementando procedimientos de seguridad y ofreciendo capacitación constante para minimizar riesgos y prevenir accidentes laborales.
 - Política de Mantenimiento de Maquinaria
 - La empresa adoptará un enfoque proactivo en el mantenimiento de su flota de maquinaria. Se establecerá un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para maximizar la disponibilidad y eficiencia de los equipos, garantizando su operatividad y reduciendo los tiempos muertos.
 - Política de Capacitación y Desarrollo del Personal

- Maquinobras SAS reconoce que el capital humano es fundamental para el éxito organizacional. Por lo tanto, se fomentará la capacitación y el desarrollo profesional de todos los empleados, garantizando que reciban formación continua en áreas técnicas y de gestión.
- Política de Sostenibilidad
 - La empresa se compromete a operar de manera sostenible, minimizando su impacto ambiental. Se buscarán prácticas que reduzcan el consumo energético y las emisiones, así como el uso responsable de los recursos en todas nuestras operaciones.
- Política de Atención al Cliente
 - Maquinobras SAS se dedica a ofrecer un servicio al cliente excepcional. Nos comprometemos a escuchar las necesidades de nuestros clientes y a resolver sus inquietudes de manera oportuna y efectiva, garantizando una comunicación clara y transparente.
- Política de Innovación
 - La empresa promoverá la innovación como un pilar fundamental para mejorar sus procesos y servicios. Se incentivará la adopción de nuevas tecnologías y prácticas que optimicen la gestión de maquinaria y la experiencia del cliente.

- **Misión, Visión y Valores**

Misión:

Maquinobras SAS se dedica a proporcionar soluciones integrales en el alquiler de maquinaria pesada, garantizando la calidad, eficiencia y seguridad en sus servicios. La empresa se compromete a satisfacer las necesidades de sus clientes en el sector de la construcción, contribuyendo al éxito de sus proyectos mediante un equipo técnico altamente calificado y una flota de maquinaria moderna y bien mantenida.

Visión:

Maquinobras SAS aspira a ser reconocida como la empresa líder en el alquiler de maquinaria pesada en la región de Granada, Meta, y sus alrededores. La organización busca destacarse por la excelencia en el servicio, la innovación en sus procesos y un enfoque sostenible que promueva el desarrollo de la industria de la construcción.

Valores:

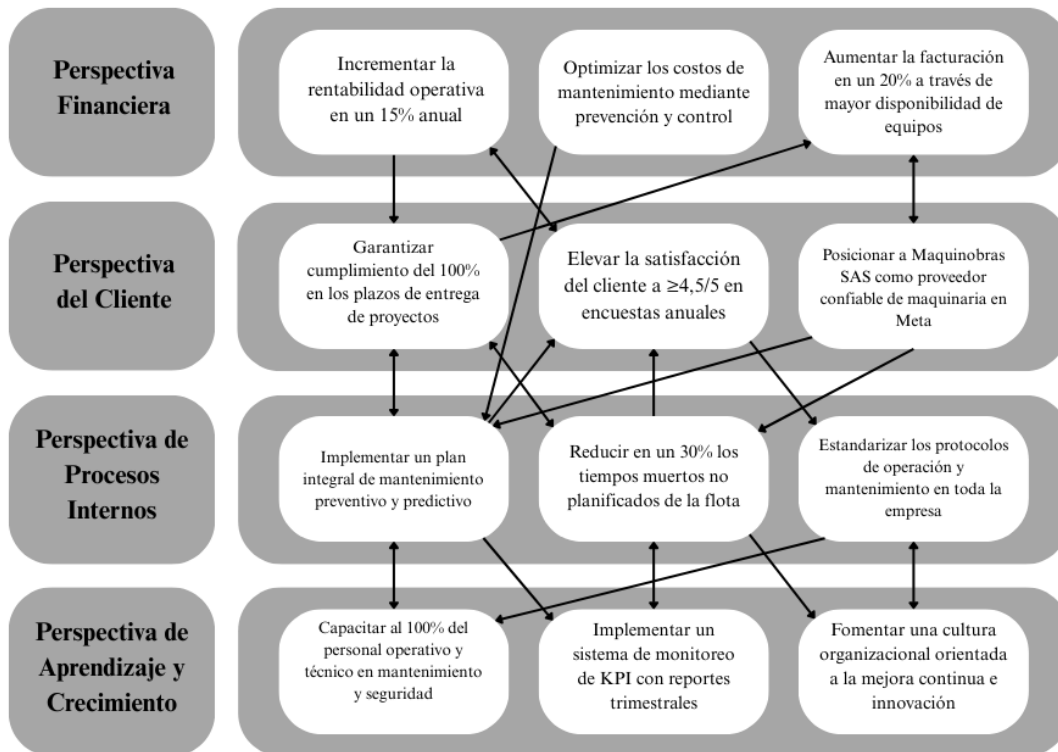
- Compromiso: Maquinobras SAS se compromete con sus clientes, empleados y la comunidad, asegurando que todas sus acciones se alineen con los más altos estándares de responsabilidad y ética.
- Calidad: La empresa valora la excelencia en todo lo que hace, desde el mantenimiento de su maquinaria hasta la atención al cliente, garantizando un servicio que supere las expectativas.
- Seguridad: Maquinobras SAS prioriza la seguridad y la salud de su equipo y clientes, implementando prácticas que minimicen riesgos y protejan a todos los involucrados.
- Innovación: La organización fomenta una cultura de innovación y mejora continua, buscando constantemente nuevas soluciones y tecnologías que optimicen sus servicios y procesos.

- Sostenibilidad: Maquinobras SAS se compromete a operar de manera sostenible, minimizando su impacto ambiental y promoviendo prácticas que contribuyan al bienestar de la comunidad y del entorno.
- Trabajo en Equipo: La empresa cree en la colaboración y el trabajo en equipo como motores de éxito, valorando las contribuciones de cada miembro de la organización y fomentando un ambiente laboral inclusivo y respetuoso.

- **Mapa Estratégico**

El mapa estratégico creado para Maquinobras SAS es una herramienta importante que permite ver de manera conjunta los objetivos del proyecto desde diferentes aspectos: financiera, del cliente, de procesos internos y de aprendizaje y crecimiento. Esto nos da una visión completa de cómo se relacionan todos estos elementos. Lo que se busca con esto es entender cómo todas las acciones para mejorar el día a día pueden influir en la longevidad y el éxito de la empresa.

Figura 3. Mapa estratégico



Fuente: Construcción del autor.

En la perspectiva de aprendizaje y crecimiento, la capacitación efectiva del personal es clave en cualquier organización. Se debe enfocar en desarrollar habilidades técnicas y operativas sólidas. Un buen sistema de seguimiento de desempeño puede marcar una gran diferencia, sobre todo si se utiliza para evaluar indicadores básicos como productividad y eficiencia. Además, es importante cultivar un ambiente donde la mejora constante sea algo valorado. Cuando se combina todo esto, se pueden fortalecer las habilidades del equipo y contar con información precisa para tomar decisiones acertadas. Esto en última instancia permite avanzar y crecer como organización de manera efectiva.

La perspectiva de procesos internos se centra en poner en marcha un plan completo de mantenimiento preventivo y predictivo. Esto implica reducir los tiempos muertos no planificados, que pueden llegar a ser bastante molestos, en un 30%. Otra parte clave de este enfoque es la estandarización de protocolos, tanto de operación como de mantenimiento. El objetivo es básicamente asegurar que la maquinaria funcione de manera eficiente y esté siempre disponible cuando se necesita. Esto es fundamental si lo que se busca es ofrecer un servicio que sea, a la vez, confiable y competitivo.

En la perspectiva del cliente, en términos generales, lo que el cliente busca es recibir los proyectos entregados a tiempo, estar completamente satisfecho con el servicio y considerar a Maquinobras SAS como una opción de confianza para el alquiler de maquinaria en la zona del Meta. Esto significa que deben entregarse todos los proyectos en el plazo señalado, y el cliente debe quedar muy satisfecho, con una puntuación de al menos 4,5 sobre 5. Al fin y al cabo, para tener éxito en el negocio de alquiler de maquinaria pesada, es crucial inspirar confianza y fidelidad.

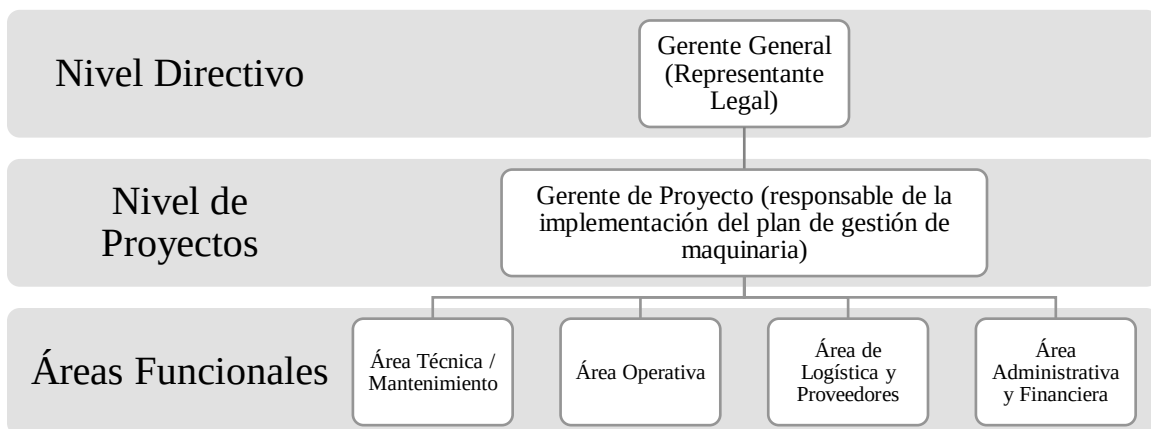
Finalmente, en la perspectiva financiera, las metas son claras: aumentar la rentabilidad operativa en un 15% anual, reducir costos de mantenimiento gracias a una mejor prevención y control de fallos, y ampliar la facturación un 20% al tener más equipos disponibles. Estos objetivos financieros son el resultado directo de alcanzar las metas en otras áreas, lo que ayudará a asegurar la estabilidad y el crecimiento a largo plazo de la empresa.

En conjunto, el mapa estratégico muestra con claridad que invertir en capacitación, fortalecer la cultura organizacional y mejorar la gestión de procesos internos tiene un efecto positivo en la satisfacción del cliente. Y a su vez, esto se traduce en beneficios para la empresa, como aumentar la rentabilidad y expansionarse.

1.2.3. Estructura Organizacional

Maquinobras SAS estructura su organización de manera matricial. Así, logra combinar la responsabilidad por áreas con el enfoque en proyectos específicos. Esto es especialmente útil en empresas que alquilan maquinaria pesada, debido a que permite unir el conocimiento técnico de diversas áreas con la planificación de proyectos. De esta forma, se garantiza un balance entre las tareas diarias y la realización de acciones importantes a largo plazo.

Figura 4. Estructura Organizacional



Fuente: Construcción del autor.

En una estructura de gestión matricial, la responsabilidad se reparte entre los gerentes funcionales y el gerente de proyectos. Esto crea un sistema de dependencia dual, lo que permite una mejor coordinación y uso de recursos. En este proyecto, esta forma de organización es beneficiosa porque permite gestionar los riesgos de manera más efectiva, mantener el equipo en buen estado y vigilar los indicadores clave que muestra el equipo, al relacionar directamente las decisiones importantes con la parte técnica del proyecto.

La forma en que Maquinobras SAS organiza su estructura se puede describir como matricial, lo que implica un equilibrio entre los diferentes niveles de autoridad. En este escenario, tanto el gerente de proyecto como los responsables de las distintas áreas tienen voz y voto en la toma de decisiones, de manera que se garantiza que los objetivos del proyecto estén alineados con las necesidades de soporte de la empresa en general. Así, se evita que las prioridades del proyecto pasen por alto las operaciones básicas de la empresa.

1.3. Caso de Negocio

Para controlar con precisión el tiempo efectivo de trabajo de la maquinaria pesada en Colombia, se precisa una herramienta más robusta. Aunque ya se cuenta con el horómetro, que viene instalado de fábrica en cada equipo, este instrumento tiene limitaciones en cuanto a la confiabilidad de los datos que proporciona. Por lo tanto, se deben explorar otras opciones viables que puedan solventar este problema de medición. La búsqueda de una solución lleva a considerar varias alternativas, cada una con sus propios méritos y debilidades, lo que permite afinar la búsqueda del método más adecuado para medir con exactitud el tiempo de actividad de la maquinaria.

1.3.1. Descripción de Alternativas

- Alternativa 1: Inversión en Mantenimiento Preventivo y Predictivo
 - Descripción: Implementar un programa de mantenimiento preventivo y predictivo para la flota de maquinaria existente. Esta opción incluye la adquisición de herramientas y tecnología para monitorear el estado de los equipos en tiempo real, así como la capacitación del personal técnico en las mejores prácticas de mantenimiento.

- Ventajas:
 - Reducción de tiempos muertos no planificados.
 - Aumento de la disponibilidad de la maquinaria.
 - Mejora en la vida útil de los equipos.
- Desventajas:
 - Requiere inversión inicial en tecnología y capacitación.
 - Puede generar resistencia al cambio por parte del personal.
- Alternativa 2: Ampliación de la Flota de Maquinaria
 - Descripción: Incorporar máquinas que se ajusten a las necesidades de la flota actual, centrándose en equipos que tienen una gran demanda en el mercado de la zona. Una opción sería comprar o alquilar maquinaria moderna, que no solo sea más eficiente, sino que también reduzca el consumo de combustible.
 - Ventajas:
 - Incremento de la capacidad de respuesta ante proyectos.
 - Mejora en la competitividad al ofrecer maquinaria más moderna.
 - Posibilidad de captar nuevos clientes.
 - Desventajas:
 - Alta inversión financiera y riesgos asociados al endeudamiento.
 - Necesidad de gestionar y mantener una mayor cantidad de equipos.
- Alternativa 3: Implementación de un Sistema de Gestión Integral
 - Descripción: Se trata de crear un sistema que controle absolutamente todo lo que pasa dentro de la empresa. Desde el alquiler de locales hasta la ayuda a los clientes y el cuidado de las instalaciones. Esto podría necesitar programas

especiales que sirvan para unir toda la información de la empresa en un solo lugar, de forma que se puedan tomar decisiones sabias con los números actuales.

- Ventajas:
 - Mejora en la eficiencia operativa y en la toma de decisiones.
 - Mayor control sobre las operaciones y recursos de la empresa.
 - Facilita la identificación de áreas de mejora y optimización.
- Desventajas:
 - Costos de implementación y capacitación del personal.
 - Tiempo necesario para la adaptación al nuevo sistema.
- Alternativa 4: Capacitación y Desarrollo del Personal
 - Descripción: Implementar un programa para capacitar al personal de manera continua. Esto significaría ofrecer habilidades en temas técnicos, en operaciones y también enfocarse en cómo puedan dar una mejor atención a los clientes. Esto podría lograrse llevando a cabo cursos específicos o inclusive organizando talleres en los que se les brinden certificaciones que avalen lo que han aprendido.
 - Ventajas:
 - Mejora en el desempeño del personal y la calidad del servicio.
 - Mayor motivación y satisfacción laboral.
 - Fomento de una cultura de mejora continua.
 - Desventajas:
 - Inversión de tiempo y recursos en formación.
 - Posibles interrupciones en las operaciones durante la capacitación.
- Alternativa 5: Establecimiento de Alianzas Estratégicas

- Descripción: Establecer relaciones con empresas similares, ya sea en el ámbito de la construcción o en el Sector del alquiler de maquinaria. Al compartir recursos y conocimientos, ambas partes pueden sacar provecho. Por ejemplo, podrían colaborar en un proyecto particular, lo cual permitiría el intercambio de servicios o incluso la búsqueda de nuevas oportunidades de negocio. Así, los esfuerzos pueden combinarse para lograr objetivos comunes, generando así una especie de unión estratégica en la que todos salgan beneficiados.
- Ventajas:
 - Acceso a nuevos mercados y clientes.
 - Reducción de costos operativos mediante la compartición de recursos.
 - Oportunidades de aprendizaje y mejora continua a través de la colaboración.
- Desventajas:
 - Dependencia de otras empresas para la operación.
 - Riesgos de conflictos de intereses o diferencias en la cultura organizacional.

1.3.2. Criterios de Selección de Alternativas

En Maquinobras SAS, se evalúan las opciones con base en unos criterios definidos que sirven para analizar objetivamente cada posibilidad. Se han creado estos parámetros en respuesta a los retos diarios y estratégicos que supone la participación en el mercado de alquiler de maquinaria pesada.

Costo Inicial y Costos a Largo Plazo (Peso: 0.20): La decisión acertada en este sentido es vital, porque los gastos iniciales y los continuos afectan directamente las ganancias del negocio a

largo plazo. Lo que realmente importa es evaluar opciones que no solamente sean asequibles ahora, sino que también puedan proporcionar ventajas financieras duraderas con el paso del tiempo.

Retorno sobre la Inversión (ROI) (Peso: 0.15): El análisis del ROI es esencial para determinar si las inversiones han valido la pena. Gracias a este análisis, se pueden evaluar los resultados de las decisiones financieras tomadas y verificar si los objetivos planteados se han alcanzado. De esta manera, se pueden dirigir los recursos de la empresa hacia donde más se necesitan, reduciendo los gastos innecesarios y aumentando los dividendos. En última instancia, el objetivo es emplear los recursos de manera estudiada para sacar el máximo provecho y evitar exposiciones financieras excesivas.

Impacto en la Eficiencia Operativa (Peso: 0.15): En Maquinobras SAS, lograr una buena eficiencia operativa es fundamental para tener éxito. Esto se trata de saber cómo cada opción puede hacer que los procedimientos internos funcionen mejor, disminuyendo los periodos de inactividad y aumentando la eficacia en general. En un contexto donde la competencia es fuerte, estos aspectos son realmente importantes.

Mejora en la Satisfacción del Cliente (Peso: 0.10): La clave del éxito a largo plazo de una empresa radica en gran medida en la satisfacción de sus clientes. Al evaluar diferentes alternativas, lo que realmente importa es cómo cada una puede mejorar el servicio y hacer que la experiencia del cliente sea más agradable, logrando así una mayor fidelidad y mejores referencias.

Facilidad de Implementación (Peso: 0.10): Cuando se consideran diferentes opciones, es importante pensar en cuánto tiempo y esfuerzo lleva implementar cada una. Esto ayuda a asegurar que el cambio se haga sin tropiezos y minimice los obstáculos en el día a día de la

empresa. En un entorno de negocio donde todo se mueve rápido, aquellas opciones que pueden ponerse en práctica con prontitud y eficacia son las más valoradas.

Sostenibilidad y Responsabilidad Social (Peso: 0.10): En la actualidad, la conciencia sobre el medio ambiente y la ética empresarial está en constante ascenso. Por esto, el enfoque se encuentra en medir el impacto que tienen las distintas opciones en el mundo que nos rodea y en la sociedad. Aquellas propuestas que fomenten el respeto por el planeta y su futuro tienen un valor agregado.

Adaptabilidad y Flexibilidad (Peso: 0.05): La forma en que cada opción puede adaptarse a los cambios en el mercado es importante, aunque no lo es tanto como otros factores. Aquellas opciones que permiten una mayor flexibilidad para ajustarse a las necesidades futuras son consideradas ventajas clave en la estrategia. Esto sugiere que, aunque hay aspectos más importantes, la capacidad de adaptación es un elemento significativo.

Desarrollo del Capital Humano (Peso: 0.05): La inversión en el desarrollo de las personas que trabajan en una organización es crucial. Si se quiere que realmente mejoren continuamente, se debe garantizar que reciban la capacitación y el apoyo necesarios. Esto no solo los ayuda a crecer profesionalmente, sino que también influye positivamente en su motivación para trabajar. Al final, todo se reduce a darles las herramientas y la confianza para que puedan hacer su trabajo cada vez mejor.

Riesgos Asociados (Peso: 0.05): Evaluar los riesgos potenciales de cada opción es clave para tener una visión clara de lo que puede salir mal. De esta manera, es posible anticiparse a los problemas y tomar medidas para mitigarlos, lo que permite estar mejor preparado para cualquier imprevisto que pueda surgir a lo largo del camino. Esto es esencial para que la empresa pueda desenvolverse con soltura ante desafíos inesperados.

Alineación con los Objetivos Estratégicos (Peso: 0.05): Finalmente, es fundamental que cada opción se alinee con los objetivos estratégicos de la empresa. De esta manera, las decisiones que se tomen ayudarán a alcanzar la misión y visión que Maquinobras SAS se ha trazado para el futuro.

Tabla 2. Criterios de selección de alternativas

CRITERIO	PESO	DESCRIPCIÓN
Costo Inicial y Costos a Largo Plazo	0.2/1.0	Evaluar la inversión inicial y los costos operativos a largo plazo.
Retorno sobre la Inversión (ROI)	0.15/1.0	Analizar el retorno esperado de cada alternativa en comparación con la inversión realizada.
Impacto en la Eficiencia Operativa	0.15/1.0	Considerar cómo cada alternativa mejorará la eficiencia en las operaciones diarias.
Mejora en la Satisfacción del Cliente	0.1/1.0	Evaluar cómo cada alternativa afectará la satisfacción del cliente.
Facilidad de Implementación	0.1/1.0	Considerar la complejidad y el tiempo requerido para implementar cada alternativa.
Sostenibilidad y Responsabilidad Social	0.1/1.0	Evaluar el impacto ambiental y social de cada alternativa.
Adaptabilidad y Flexibilidad	0.05/1.0	Considerar la capacidad de cada alternativa para adaptarse a cambios futuros.
Desarrollo del Capital Humano	0.05/1.0	Analizar cómo cada alternativa impactará en el desarrollo y capacitación del personal.
Riesgos Asociados	0.05/1.0	Evaluar los riesgos potenciales de cada alternativa.
Alineación con los Objetivos Estratégicos	0.05/1.0	Asegurarse de que cada alternativa esté alineada con los objetivos estratégicos de la empresa.

Fuente: Construcción del autor.

La tabla donde están los criterios para seleccionar las mejores alternativas es un marco que proporciona una visión clara sobre cómo evaluar las opciones que tiene Maquinobras SAS. Para hacer esto, se han evaluado unos criterios y se les ha dado un peso según lo importante que son. De esta manera, se pueden poner en primer lugar los aspectos que más influyen en el éxito de la empresa.

Al sumar todos los pesos, el total da 1.00, lo que garantiza que la evaluación sea justa y considere todo. Esto ayuda a la empresa a comparar las opciones de manera objetiva, lo que facilita encontrar la mejor para los desafíos que enfrenta y para aprovecharse de las oportunidades que se presentan.

Al evaluar opciones según ciertos criterios, no solo se facilita la toma de decisiones bien pensadas, sino que también ofrece una base estable para hacer ajustes que apoyen el desarrollo y la estabilidad de Maquinobras SAS en el difícil entorno del alquiler de equipo pesado. La empresa Maquinobras SAS tiene una forma distinta de evaluar cosas. Quieren ser eficientes y ganar dinero, pero también quieren hacerlo de una manera que sea buena para la sociedad. Por ejemplo, cuando tienen que tomar decisiones, dan mucha importancia a los costos iniciales y a cómo afectarán la situación financiera a largo plazo. Esto muestra que lo más importante para Maquinobras SAS es saber si algo es financieramente viable.

1.3.3. Análisis de Alternativas

Para la selección de la mejor opción de intervención en la gestión de maquinaria pesada de Maquinobras SAS, se construyó una matriz de evaluación con criterios ponderados. Esta metodología permite comparar objetivamente cada alternativa en función de su contribución al logro de los objetivos estratégicos del proyecto.

Tabla 3. Evaluación de alternativas

Criterio	Peso	Alternativa 1: Mantenimiento Preventivo	Alternativa 2: Adquisición de Maquinaria Moderna	Alternativa 3: Alianzas Estratégicas
Costo Inicial y Costos a Largo Plazo	0.20	5	2	3
Retorno sobre la Inversión (ROI)	0.15	4	3	3

Criterio	Peso	Alternativa 1: Mantenimiento Preventivo	Alternativa 2: Adquisición de Maquinaria Moderna	Alternativa 3: Alianzas Estratégicas
Impacto en la Eficiencia Operativa	0.15	4	5	4
Mejora en la Satisfacción del Cliente	0.10	4	4	5
Facilidad de Implementación	0.10	4	2	4
Sostenibilidad y Responsabilidad Social	0.10	4	5	4
Adaptabilidad y Flexibilidad	0.05	4	3	5
Desarrollo del Capital Humano	0.05	4	2	4
Riesgos Asociados	0.05	4	2	3
Alineación con los Objetivos Estratégicos	0.05	5	4	4
Total Ponderado		4.25	3.40	3.80

Fuente: Construcción del autor.

La matriz de criterios ponderados permitió comparar de forma objetiva tres cursos de acción: (1) Mantenimiento preventivo, (2) Adquisición de maquinaria moderna y (3) Alianzas estratégicas. Con los pesos definidos (financieros, operativos, de cliente y de desarrollo organizacional), las puntuaciones ponderadas fueron 4,25; 3,80 y 3,40, respectivamente. Este resultado posiciona al mantenimiento preventivo como la alternativa con mayor contribución esperada al logro de los objetivos del proyecto.

Factores decisores (drivers) del resultado.

- El criterio de costos (peso 0,20) fue el diferenciador principal: la Alternativa 1 obtuvo 5 (1,00 puntos ponderados), frente a 2 (0,40) en la Alternativa 2 y 3 (0,60)

en la Alternativa 3. Solo esta brecha explica +0,60 puntos a favor de la Alternativa 1 frente a la 2 y +0,40 frente a la 3.

- La facilidad de implementación (0,10) refuerza la ventaja del mantenimiento: 4 (0,40) frente a 2 (0,20) de la adquisición, aportando otro +0,20.
- En ROI (0,15) la Alternativa 1 ($4 = 0,60$) supera a la 2 y 3 ($3 = 0,45$), sumando +0,15 adicionales.
- La Alternativa 2 solo domina con claridad en eficiencia operativa (0,15), donde su calificación 5 ($=0,75$) le otorga +0,15 frente a las alternativas 1 y 3 ($4 = 0,60$).
- La Alternativa 3 muestra su mayor fortaleza en satisfacción del cliente (0,10), con 5 ($=0,50$), y en adaptabilidad (0,05), con 5 ($=0,25$); no obstante, estas mejoras no compensan su desventaja en el componente de costos.

Lectura por dimensiones estratégicas (BSC).

- Financiera: la combinación de menor CAPEX, mejor ROI y rápida implementación favorece al mantenimiento preventivo, alineándose con la meta de +15% de rentabilidad y el control de costos (4,25 total).
- Cliente: aunque las alianzas logran el mejor puntaje en satisfacción (5), el mantenimiento asegura cumplimiento de plazos y disponibilidad $\geq 85\%$ mediante reducción de paradas, sosteniendo la promesa de valor.
- Procesos internos: la Alternativa 2 maximiza eficiencia técnica (5), pero su alto costo y complejidad de despliegue la vuelven menos conveniente bajo las restricciones actuales; la Alternativa 1 ofrece ganancias operativas rápidas con menor riesgo.

- Aprendizaje y crecimiento: el mantenimiento y las alianzas puntúan alto en desarrollo de capital humano y estandarización, facilitando la institucionalización de KPIs y la mejora continua.

En el escenario en el que el cliente es la prioridad y la satisfacción del cliente es lo más importante, la Alternativa 3 logra mejorar considerablemente su posición sin dejar de lado a la Alternativa 1. Esto permite una mejor experiencia general para el cliente, elevando sus niveles de satisfacción. En la mayoría de los casos, la Alternativa 1 mantiene su posición principal, sugiriendo que el resultado es estable ante ajustes moderados en las preferencias, según diversos estudios (Belton & Stewart, 2002; Keeney & Raiffa, 1993). Se llevaron a cabo algunas pruebas para ver cómo cambiaban las cosas si se modificaban los pesos. El objetivo era asegurarse de que la decisión tomada sería estable y no se vería afectada por pequeños ajustes en estos pesos.

En el escenario en el que se prioriza el retorno de la inversión, la brecha a favor de la Alternativa 1 se amplía considerablemente. Esto ocurre cuando se da más importancia al ROI y menos peso a ciertos criterios más subjetivos. Como resultado, la ventaja de la Alternativa 1 se vuelve aún más significativa.

En el escenario donde la eficiencia tiene prioridad, y el peso de la eficiencia es más importante mientras que el costo es menor, resulta interesante ver cómo se posicionan las alternativas. La Alternativa 1 mantiene su liderazgo, conservando su posición inicial. Por otro lado, la Alternativa 3 experimenta un aumento en su rendimiento, logrando mejorar su posición, pero sin superar a la primera en ningún momento.

Desde la perspectiva de riesgo, resulta que el mantenimiento es la mejor opción, ya que obtiene un valor de 4, lo que significa 0,20. Esto lo posiciona por encima de la adquisición, que tiene un valor de 2, o 0,10, y de las alianzas, que tiene un valor de 3, o 0,15. En otras palabras,

optar por el mantenimiento reduce el riesgo de problemas durante la implementación y también financieros. Además, al ser modular y escalable, se pueden hacer pruebas piloto, controlar el ritmo de aprendizaje y hacer ajustes según sea necesario, todo sin afectar negativamente la operación en general.

Al final, se llegó a una conclusión sobre la selección. Es posible que la Alternativa 2 se evalúe en etapas posteriores, cuando la situación financiera del proyecto y su valor actual neto permitan asumir mayores compromisos de inversión. La mejor opción es llevar a cabo un plan de mantenimiento preventivo, ya que esto permite un equilibrio entre la viabilidad económica, mejoras en la operación y rapidez en la implementación. De esta manera, se reducen los riesgos y se cumplen los objetivos principales del proyecto. Entre estos objetivos figuran la reducción de los tiempos muertos en un 30%, alcanzar una disponibilidad del 85% o más, y mejorar la rentabilidad en al menos un 15%. Además, se puede considerar la Alternativa 3, que implica establecer alianzas, como una opción táctica para aumentar la capacidad y la flexibilidad cuando surgen picos de demanda, sin afectar la base del mantenimiento preventivo.

1.3.4. Selección de Alternativa

Lo que resulta de la evaluación es claro. La alternativa que sale mejor es invertir en mantenimiento preventivo, con un toque de predicción gradual. Esta es la opción que mejor se ajusta a las necesidades de Maquinobras SAS. Según la tabla de evaluación de alternativas (Tabla 3), esta alternativa obtuvo el mejor puntaje, un 4,25, superando a las otras dos opciones: alianzas estratégicas con un 3,80 y la adquisición de maquinaria moderna con un 3,40. Esto muestra que, en general, el mantenimiento preventivo se adapta mejor a los criterios clave del negocio.

Razones que sustentan la elección

1. Creación inmediata de valor con bajo CAPEX

Se puede lograr un valor significativo de manera rápida sin necesidad de invertir grandes sumas de dinero inicialmente. La alternativa más atractiva es aquella que permite maximizar los beneficios sin tener que recurrir a préstamos o a la compra de activos costosos. De esta manera, se minimiza el riesgo financiero y se pueden obtener resultados positivos a corto plazo sin necesidad de grandes inversiones, aprovechando solo la infraestructura ya existente.

2. Impacto directo en la eficiencia y la disponibilidad

La eficiencia y disponibilidad reciben un impacto significativo. Esto sugiere que ciertos factores tienen una influencia notable en estos aspectos, y esto puede verse reflejado de diversas maneras. El cuidado regular reduce los errores, reduce el tiempo necesario para reparar y aumenta las horas efectivas de trabajo. Al hacer un balance, esta opción recibió muy buenas calificaciones en cuanto a su efecto en la eficiencia del trabajo y la mejora de la satisfacción del cliente, garantizando equipos más seguros y entregas puntuales.

3. Implementación rápida y factible

Lo ideal es poner en práctica algo que sea rápido de implementar. Esta solución es bastante sencilla de poner en práctica, se trata de agregar capacitaciones, rutinas y listas de verificación a procesos que ya existen. No requerirá grandes cambios en la estructura organizacional y además ofrece un alto grado de control interno. Esto se refleja en lo fácil que es implementarla y en los bajos riesgos que conlleva, ya que no se depende de terceros ni se necesita incorporar tecnologías nuevas a gran escala, lo que reduce la incertidumbre.

4. Alineación estratégica

Esta opción se relaciona estrechamente con los objetivos principales de la empresa, es decir, aumentar la rentabilidad, mejorar la satisfacción del cliente, mejorar la capacitación del

personal y establecer un sistema de mantenimiento preventivo y predictivo. Gracias a esto, recibe la máxima calificación en cuanto a su alineación con los objetivos estratégicos y el desarrollo del capital humano.

5. Resultados financieros robustos

Los estudios sobre casos de negocio demuestran que planificar el mantenimiento de manera organizada conduce a importantes reducciones en los costos operativos, fundamentalmente a través de la disminución de reparaciones correctivas y la minimización de reprocesos. Esto, a su vez, contribuye a un mayor rendimiento económico debido a una mayor disponibilidad, lo que se traduce en indicadores financieros muy prometedores. Entre estos destacan un valor presente neto (VPN) positivo, una tasa interna de retorno (TIR) superior al costo de oportunidad y una recuperación de la inversión considerablemente más rápida. Todo esto sustenta que esta estrategia obtenga la mejor calificación en términos de costo total y retorno sobre la inversión.

6. Sostenibilidad y gestión del riesgo operacional

Al minimizar errores y paradas, se evitan gastos y residuos innecesarios, así como las emisiones provocadas por las intervenciones frecuentes para corregir problemas. Esto hace que la opción sea más destacada en términos de sostenibilidad y responsabilidad hacia la sociedad, lo que a su vez permite manejar los riesgos de forma proactiva, identificando temprano señales de alerta, planificando repuestos críticos y programando mantenimientos en momentos oportunos.

Comparativo sintético con las otras alternativas

- Adquisición de maquinaria moderna (3,40): la incorporación de maquinaria moderna no sale ganando en todos los aspectos. Aunque sí aporta eficiencia tecnológica, representa una inversión inicial considerable y hace que la empresa

esté más expuesta a los vaivenes de la demanda. Además, la curva de aprendizaje de esta maquinaria es pronunciada, lo que implica invertir tiempo en capacitación, encontrar repuestos y entender la telemetría. Todo esto se traduce en un mayor costo, una implementación más complicada y un aumento del riesgo a corto plazo.

- Alianzas estratégicas (3,80): estas alianzas permiten mejorar las capacidades de una empresa sin necesidad de comprar activos, lo cual puede resultar beneficioso. Sin embargo, también introducen algunos riesgos importantes. Por un lado, crean una dependencia de terceros que pueden no siempre estar alineados con los objetivos de la empresa. Además, es común encontrar desalineaciones de servicio con estos socios, lo que puede complicar las operaciones. Otro aspecto a considerar es la variabilidad de costos, que hace que el control económico sea menos preciso que si se decidiera fortalecer las competencias y procesos internos.

En resumen, La Alternativa 1 fue seleccionada por varias razones clave. En primer lugar, ofrece el mejor equilibrio entre valor operativo, financiero y estratégico, con un nivel de riesgo y una inversión inicial más bajos. Esto se traduce en beneficios tangibles en un plazo de tiempo relativamente corto, al mismo tiempo que establece una base sólida para mejoras continuas, como la incorporación de prácticas de mantenimiento predictivo. En este sentido, la decisión se alinea perfectamente con los resultados del análisis multicriterio realizado, donde la Alternativa 1 destacó con el mayor puntaje ponderado, un 4,25. Este enfoque se corresponde con los objetivos principales del proyecto, que buscan minimizar los tiempos de inactividad no previstos y los riesgos operativos, mientras elevan significativamente la disponibilidad de los recursos y la satisfacción del cliente.

1.3.5. Justificación del Proyecto

Es claro que, para mantener la salud de una empresa, es fundamental entender y solucionar los problemas que causan tiempos muertos y fallos. Si no se hace nada, la empresa se verá atrapada en un ciclo de arreglar cosas a última hora, con fallas más frecuentes y una disminución gradual en sus ganancias. Esto último podría dar lugar a problemas de reputación e impactos comerciales demasiado difíciles de solucionar. En Granada, Meta, el manejo de maquinaria pesada es muy variable y a menudo se ven interrupciones que no estaban planeadas. Además, la información no siempre llega de manera igualitaria a los diferentes grupos involucrados en la obra, como el equipo de mantenimiento, los trabajadores que están en el frente de la obra y la dirección. Esto hace que el trabajo no sea continuo, retrasando los plazos establecidos y generando gastos adicionales por errores y sanciones. También conduce a que los clientes pierdan confianza en los servicios ofrecidos.

La iniciativa también trae más claridad sobre responsabilidades y criterios de aceptación. Esto reduce ambigüedades, hace que las aprobaciones sean más rápidas y evita que se tenga que volver a trabajar en cosas, lo que suele aumentar los costos y retrasos en los proyectos de construcción. En este contexto, el proyecto tiene fundamentos sólidos porque incorpora elementos esenciales para tener una presencia competitiva en el mercado. Estos incluyen métodos de mantenimiento diseñados con una visión prevenida, y que avancen hacia una gestión más anticipatoria, así como procedimientos operativos normalizados y un sistema que permite monitorear cualquier desviación tempranamente y tomar medidas antes de que se conviertan en problemas mayores. De esta manera, en lugar de sumar acciones sueltas, la propuesta une a las personas, los procesos y la información en un sistema de gestión que Reduce los riesgos, mejora la Eficiencia de los equipos y Apoya decisiones informadas.

La importancia de este estudio tiene que ver también con su relevancia en el mundo académico y profesional. El estudio junta varios componentes clave de la gestión de proyectos (hacer planes, evaluar el desempeño y tomar decisiones) y los aplica de manera práctica a un campo específico: el alquiler y la operación de maquinaria pesada en Colombia. La conexión entre lo que se pretende lograr, el producto en sí y el trabajo realizado, considerando el contexto de los esquemas de seguimiento y su referencia, se combina con el uso de paneles de seguimiento y una revisión sistemática de los resultados, lo que crea un ambiente de control que mejora notablemente la calidad de la información disponible. Esto, a su vez, facilita una mejor coordinación tanto con los proveedores como con las partes involucradas en la obra, y además fomenta el proceso de aprendizaje dentro de la organización. Desarrollar este proyecto es fundamental para abordar una restricción operativa que está mermando valor. Si no se toman medidas, se corre el riesgo de afianzar ineficiencias que se traducen en paradas mayores, incumplimientos de plazos y un aumento significativo de costos. Por otro lado, ejecutar este proyecto ofrece la oportunidad de lograr mejoras tangibles y sostenidas en la disponibilidad, la confiabilidad y el servicio al cliente. Esto, a su vez, tendría un impacto positivo en la competitividad de Maquinobras SAS y en la continuidad de los proyectos en los que está involucrada. En última instancia, se trata de una decisión crítica que puede influir en el futuro de la empresa.

1.4. Marco Teórico

El presente marco teórico se enfoca en cómo gestionar la maquinaria pesada en obras de construcción, prestando especial atención al mantenimiento preventivo. Para entender mejor este proceso, primero se revisarán investigaciones anteriores y conceptos fundamentales que

demuestran la importancia de tener un enfoque estructurado para manejar esta maquinaria, lo que ayudará a solventar los problemas detectados en el transcurso del proyecto.

Gestión de Maquinaria Pesada

La gestión de maquinaria pesada implica un conjunto de prácticas y técnicas que buscan asegurar que los equipos se utilicen de manera eficiente, segura y rentable en proyectos de construcción. Jiménez y Wilson (2023) mencionan en su trabajo que cuando la gestión de maquinaria es efectiva, esto no solo aumenta la producción en los proyectos de construcción, sino que también reduce los riesgos que pueden ocurrir durante la operación y apoya la sostenibilidad del proyecto en general, logrando reducir gastos y mejorar la forma en que se utilizan los recursos disponibles.

Mantenimiento Preventivo

En un estudio realizado por Gallardo y Danner (2017), se puso de relieve el impacto notable que puede tener la puesta en marcha de un programa de mantenimiento preventivo en la reducción de costos relacionados con reparaciones y tiempos de inactividad. Esto sugiere que invertir en medidas preventivas puede proporcionar considerables beneficios a largo plazo, mejorando la eficiencia general de las operaciones. El mantenimiento preventivo es básicamente un trabajo planificado que busca evitar problemas con la maquinaria. Los investigadores, Cobo y Kevin (2023), mencionaron en un estudio reciente, que con este método se logra hacer que la maquinaria funcione en las mejores condiciones posibles. De esta forma, se alarga su vida útil y se aprovecha al máximo su capacidad de trabajo, lo cual es fundamental para evitar que se paren las máquinas de golpe y, con ello, se paren también la producción y la economía.

Las ventajas del mantenimiento preventivo son múltiples, incluyendo:

Reducción de Costos: Se evita el costo elevado de reparaciones por fallos inesperados.

Aumento de la Productividad: Mejora el rendimiento de la maquinaria, lo que se traduce en una mayor eficiencia operativa.

Seguridad Laboral: Implementar medidas de prevención de riesgos laborales que minimicen la posibilidad de accidentes derivados de fallos en el equipo, abarcando todas las fases de operación y mantenimiento de la maquinaria. (Ríos y Beltrán, 2002).

Impacto de los Tiempos Muertos en la Productividad

En el sector de la construcción, hay momentos en que la maquinaria simplemente no está funcionando. Estos períodos de inactividad, debidos a averías o tareas de mantenimiento, afectan directamente la eficiencia de las empresas. Un estudio realizado por Puican (2021) destaca que reducir estos periodos de inactividad mediante un mantenimiento preventivo adecuado es crucial para aumentar la productividad. La interrupción de la actividad de la maquinaria pesada durante la jornada laboral puede ser mínima si se sigue un régimen de mantenimiento efectivo. En este estudio de la Compañía Minera Antamina S.A., se descubrió que el tiempo que se les toma a los trabajadores para moverse dentro del área donde se encuentran las palas y perforadoras es bastante alto en comparación con el tiempo total que se les paga. Esto muestra que hacer cambios para reducir el tiempo que no se está utilizando es importante para hacer que los equipos funcionen de manera más eficiente.

Estado del Arte

Varios estudios han explorado la conexión entre la gestión de maquinaria pesada y el mantenimiento preventivo. Por ejemplo, Ascón y Rossell (2022) en la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa JAR Agregados y Servicios E.I.R.L., se identificó que el mantenimiento inadecuado representaba el principal problema, con una incidencia del 8.47%. Este estudio reveló que las empresas que implementan enfoques sistemáticos de mantenimiento,

como la creación de planes preventivos especializados, experimentan un incremento significativo en la disponibilidad de maquinaria, que pasó del 46% al 77% durante la implementación de mejoras continuas. Estas cifras subrayan que una gestión proactiva de la maquinaria pesada puede resultar en un desempeño superior en comparación con aquellas que operan de manera reactiva. Este hallazgo se respalda por la propuesta de un programa maestro de mantenimiento preventivo para la empresa Productos Industriales del Cuero S.A.C., donde se identifica que la implementación de un programa de mantenimiento preventivo no solo reduce los costos operativos, sino que también incrementa el rendimiento y la disponibilidad de los equipos y maquinaria. La planificación adecuada de los trabajos y la programación de su frecuencia permiten optimizar los recursos y mejorar la satisfacción del cliente al garantizar un servicio más eficiente. Además, el análisis de costos para la implementación del programa demuestra que la inversión inicial se traduce en beneficios significativos, alcanzando un Valor Actual Neto (VAN) de S/. 70,808 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) anual del 84%, lo que refuerza la viabilidad económica de tales programas en el sector construcción (Escudero, 2016).

Conceptos Clave

A continuación, se presentan algunos términos que serán utilizados a lo largo de este trabajo, con el fin de establecer un glosario que facilite la comprensión del contenido:

- **Maquinaria Pesada:** Equipos utilizados en la construcción, como excavadoras, retroexcavadoras y vibro compactadores.
- **Mantenimiento Preventivo:** Actividades programadas destinadas a prevenir fallos en la maquinaria.
- **Tiempos Muertos:** Períodos en los que la maquinaria no está operativa, ya sea por fallos o por mantenimiento.

Metodología y Recolección de Datos

El marco teórico es fundamental para este proyecto, ya que permite elegir las metodologías adecuadas para abordarlo. Al revisar la literatura existente, se confirma que el enfoque mixto es el más apropiado, ya que combina tanto métodos cualitativos como cuantitativos. Para recopilar datos, se emplearán diferentes herramientas, como encuestas y entrevistas, con el fin de comprender cómo el personal ve el mantenimiento y si las estrategias que se han puesto en marcha son efectivas. Esto permitirá obtener una visión completa de la situación.

En el contexto de Maquinobras SAS, resulta fundamental tener una buena gestión de la maquinaria pesada y un mantenimiento preventivo ordenado. Algunos estudios anteriores han demostrado que es necesario llevar a cabo un enfoque sistemático para reducir riesgos en la operación y mejorar la eficiencia. Este marco da una base sólida para investigar y, al mismo tiempo, proporciona razones convincentes para poner en práctica un programa de mantenimiento preventivo, lo cual es crucial para que la empresa crezca de manera sostenible.

1.5. Marco Metodológico

1.5.1. Enfoque de Investigación

En este proyecto, se ha decidido adoptar un enfoque combinado, uniendo métodos de investigación cualitativos y cuantitativos. La razón detrás de esto es que el problema que se está estudiando necesita ser analizado de manera profunda y considerando todas las variables involucradas, al mismo tiempo que se precisa de datos numéricos concretos para respaldar lo que se observa y percibe en la gestión de maquinaria pesada. La investigación se beneficia del enfoque mixto, que brinda la posibilidad de abordar el estudio desde diferentes aristas, y de esta manera se tiene una visión más completa del tema que se está investigando. Esto se traduce en

una mayor confiabilidad en los resultados al combinar información de tipos cuantitativos y cualitativos, lo que ofrece una mejor comprensión general.

Métodos Cualitativos: En Maquinobras SAS, las técnicas de investigación cualitativa permitirán comprender mejor las experiencias y opiniones del personal sobre la gestión y el cuidado de las máquinas. Se llevarán a cabo entrevistas abiertas y sesiones de discusión en grupo para recoger información de forma minuciosa. De esta manera, se podrá conocer más a fondo cómo funciona la organización internamente, qué esperan los empleados y cuáles son sus

Métodos Cuantitativos: Se utilizarán métodos cuantitativos para evaluar cómo funciona la maquinaria y qué tan efectivo es el mantenimiento preventivo. Para esto, se recopilarán datos a través de encuestas y se analizarán los indicadores clave de desempeño, o KPIs, para tener una visión general de cómo funcionaba la empresa antes de que se pusiera en marcha el programa de mantenimiento y cómo funciona después. Esto permitirá conocer en detalle las mejoras en la eficiencia de los procesos y los equipos. La evaluación de estos indicadores antes y después de la implementación de este programa proporcionará una imagen clara de su impacto real.

1.5.2. Tipo de Investigación

La investigación que se lleva a cabo en este trabajo de grado es aplicada, descriptiva y explicativa. Esta clasificación se justifica por los siguientes aspectos:

- Investigación Aplicada

Esta investigación se centra en resolver una cuestión muy concreta relacionada con la gestión de maquinaria pesada en Maquinobras SAS, lo que la convierte en una investigación de enfoque práctico. El objetivo es claro: mejorar la forma en que la empresa maneja sus operaciones a través de la puesta en marcha de un programa de mantenimiento preventivo. Con este programa, se busca obtener resultados concretos que mejoren la eficiencia y la sostenibilidad

de la empresa. Al final del día, lo que se pretende es hacer que las cosas funcionen de manera más efectiva y eso, sin duda, beneficiará a la organización en su conjunto.

- Investigación Descriptiva

La investigación tiene un enfoque descriptivo, ya que buscará describir minuciosamente cómo funciona la gestión y el mantenimiento de la maquinaria en Maquinobras SAS. Para lograr esto, se recopilarán datos de todo tipo, que ayudarán a entender cómo trabajan las cosas en la empresa. Se busca saber cómo ven las cosas los empleados, qué hacen todos los días y cómo están las cosas en general. Esto permitirá tener una idea clara de dónde se está actualmente y encontrar lugares en los que se puede mejorar. Al final, se espera tener un panorama claro de la situación actual de la empresa en cuanto a la gestión de su maquinaria, lo cual ayudará a tomar decisiones informadas.

- Investigación Explicativa

Al llevar a cabo este estudio, se busca profundizar en la relación entre la aplicación de estrategias de mantenimiento preventivo y sus efectos en la operación diaria. Se busca descubrir cómo mejorando la gestión de la maquinaria, se puede disminuir los tiempos de inactividad y los gastos operativos, y al mismo tiempo, mejorar la satisfacción de los clientes y la seguridad en el trabajo. Con este análisis, se pueden sentar las bases para mejorar constantemente los procesos, apoyándose en recomendaciones sólidas y basadas en hechos concretos, con el fin último de fortalecer a Maquinobras SAS.

1.5.3. Población y Muestra

Población

En este estudio, el enfoque es en los empleados de Maquinobras SAS, una empresa que alquila maquinaria pesada en Granada, Meta, Colombia. Este grupo incluye a todos los

trabajadores que se encargan de la gestión y manejo de la maquinaria, desde operarios hasta personal administrativo que ayuda a planificar y supervisar los procesos diarios de la empresa.

Específicamente, la población se desglosa en los siguientes roles dentro de la organización:

- Operadores de maquinaria: Personal encargado de la operación directa de los equipos, como excavadoras sobre orugas y vibro compactadores.
- Mecánicos: Responsables del mantenimiento y reparación de la maquinaria.
- Representante legal y administrativo: Encargados de la gestión general y la supervisión de las operaciones de la empresa.
- Proveedores y coordinadores: Personal que se encarga de la logística y adquisición de insumos necesarios para el funcionamiento de la maquinaria.

Muestra

La muestra para este estudio se seleccionará de manera intencionada, eligiendo un representante de cada uno de los roles mencionados. Se estima que la muestra estará compuesta por un total de cuatro empleados, de los cuales se incluirán:

1 Operador de maquinaria

1 Mecánico

1 Representante legal y administrativo

1 Coordinador o proveedor

La selección de la muestra se hará de forma que se puedan obtener datos detallados y de valor sobre los empleados que conocen bien la gestión y el cuidado de las máquinas. Para hacer esto, se realizarán entrevistas informales con preguntas preparadas, para recopilar información

sobre cómo ven los empleados los cuidados y gestión de la maquinaria, qué han vivido y qué esperan de todo esto.

La muestra y la población definidas en este contexto reflejan con precisión la situación en Maquinobras SAS, lo que permitirá obtener datos interesantes y valiosos para el estudio. Con este enfoque, se espera lograr una visión clara de cómo se gestionan actualmente las maquinarias pesadas y, a partir de eso, desarrollar planes concretos para mejorar esa situación de manera realista.

1.5.4. Herramientas Para la Recolección de Información

Para llevar a cabo la recolección de información en este estudio, se utilizarán diversas herramientas que permitirán obtener datos tanto cualitativos como cuantitativos. Las herramientas seleccionadas son las siguientes:

- Entrevistas Semiestructuradas

Descripción: Se entrevistará a cuatro empleados de una muestra seleccionada: un operador de maquinaria, un mecánico, un representante legal y un coordinador. Habrá conversaciones bastante abiertas para que cada uno comparta su opinión. Esto ayudará a entender cómo viven y qué piensan sobre el uso y cuidado de la maquinaria.

Validación: Las preguntas que se harán en la entrevista se revisarán cuidadosamente con ayuda de expertos en gestión de proyectos y mantenimiento de maquinaria. El objetivo es asegurarse de que las preguntas sean pertinentes, fáciles de entender y estén en línea con lo que se busca investigar. Para asegurarse de que todo salga bien, se hará una especie de prueba con algunos empleados, para así poder hacer los ajustes necesarios en las preguntas y su formato antes de continuar con las entrevistas formales.

- Encuestas Estructuradas

Descripción: Se va a crear una encuesta con preguntas específicas y escalas de calificación para evaluar algunos puntos importantes sobre cómo se gestiona la maquinaria, cómo se siente el personal y cuán efectivas son las prácticas de mantenimiento. Esta encuesta se les hará a los mismos cuatro empleados que se han seleccionado.

Validación: La encuesta pasará por un proceso exhaustivo. Primero, expertos en investigación y gestión de maquinaria revisarán el contenido para asegurarse de su precisión. Luego, se realiza una prueba piloto con un grupo específico de empleados que no forme parte de la muestra. El objetivo de esto es detectar cualquier punto confuso en las preguntas y aclarar lo que sea necesario. Esta prueba ayudará a perfeccionar la encuesta antes de aplicarla en grande.

- **Revisión Documental**

Descripción: Se llevará a cabo un examen detallado de los documentos internos de Maquinobras SAS. Esto abarcará registros de mantenimiento, informes sobre el funcionamiento de la maquinaria y toda otra documentación relevante que podría suministrar información valiosa sobre los procedimientos actuales y las formas en que se gestiona la compañía.

Validación: El proceso de validación consiste en asegurar la exactitud de la información recopilada durante la revisión de documentos. Para lograrlo, se compararán los datos obtenidos con lo que se ha recogido en entrevistas y encuestas. Esto permitirá verificar la coherencia de los resultados y confirmar que sean precisos. Al confrontar esta información se podrá garantizar que los hallazgos sean fiables.

1.5.5. Fuentes de Información

En este estudio, se considerarán diversos tipos de información, primarias y secundarias, para garantizar un entendimiento detallado y preciso de la cuestión que se investiga, a fin de fundamentar los resultados que se logren. A continuación, se describen cada una de estas fuentes:

- Fuentes de Información Primarias

Las fuentes de información primarias son aquellas que proporcionan datos directos de la realidad estudiada. En este caso, se utilizarán las siguientes:

- Entrevistas Semiestructuradas: En este proyecto, se planea llevar a cabo una serie de entrevistas con cuatro empleados específicos de diferentes áreas. Estos empleados son: un operador de maquinaria, un mecánico, un representante legal y un coordinador. Con estas entrevistas, se buscará obtener información detallada y de primera mano sobre cómo cada uno de ellos percibe la gestión y el mantenimiento de la maquinaria en la empresa. El objetivo es recopilar experiencias y opiniones que puedan ofrecer valiosas perspectivas y contextuales acerca del problema en cuestión. La importancia de incluir empleados de diferentes funciones radica en la riqueza de información que pueden proporcionar desde sus respectivos ángulos. De esta manera, será posible identificar patrones, problemas y oportunidades de mejora que quizás no serían visibles desde una sola perspectiva.
- Encuestas Estructuradas: Se va a realizar un estudio con los mismos cuatro empleados, a quienes se les aplicará una encuesta. Esto consistirá en preguntas con opciones múltiples y algunas escalas para medir su percepción. De esta manera, se podrán obtener números concretos sobre cómo se sienten respecto a su trabajo, cómo funcionan las prácticas de mantenimiento y qué piensan sobre el manejo de la maquinaria en general.
- Observación Directa: Para entender mejor los procedimientos operativos y el uso de la maquinaria, se llevará a cabo una observación en el lugar de trabajo. De esta

forma, se obtendrán detalles adicionales que complementarán la información recopilada en las entrevistas y encuestas.

- Fuentes de Información Secundarias

Las fuentes de información secundarias son aquellas que recopilan y analizan datos previamente existentes. En este estudio, se utilizarán las siguientes:

- Documentación Interna de la Empresa: La documentación interna de Maquinobras SAS también es importante para entender cómo funcionan las cosas por dentro. Por eso, se van a revisar los registros de mantenimiento y los informes de operación de maquinaria, así como otros documentos que puedan ser útiles. Todo esto ayuda a tener una idea clara de los procesos actuales y de cómo la empresa gestiona sus operaciones diarias.
- Literatura Académica: La literatura académica juega un papel clave en este estudio. Para empezar, se examinarán libros, artículos científicos y estudios previos que traten sobre gestión de maquinaria, mantenimiento preventivo y cómo se gestionan proyectos en el sector de la construcción. Al revisar toda esta información, se podrá contextualizar el estudio dentro del marco académico y basar los hallazgos en teorías y conceptos ya establecidos, lo que dará una base sólida para seguir adelante. Esto permitirá, a su vez, tener un mejor entendimiento del tema y desarrollar ideas más claras sobre cómo abordar los desafíos que se presentan en este campo.
- Normativas y Estándares del Sector: En el sector, existen ciertas normas y estándares que son importantes para garantizar un buen funcionamiento y mantenimiento de la maquinaria pesada. Para ello, se hará un repaso de la

legislación vigente relacionada con este tipo de equipo, incluyendo informes específicos del sector de la construcción en Colombia. Conocer estas normas y estándares permitirá entender mejor las prácticas actuales de la empresa y compararlas con los estándares que se reconocen ampliamente en la industria.

2. Estudios y Evaluaciones

2.1. Estudio de Mercado

2.1.1. Población

La población objetivo del proyecto se encuentra conformada por contratistas de obra civil, empresas constructoras, entidades gubernamentales responsables de la infraestructura pública y desolladores de proyectos urbanos y rurales en el meta, con mayor énfasis en el municipio de granada y sus alrededores. El grupo está caracterizado por tener una demanda constante de maquinaria pesada disponible y confiable que les permita el cumplir con los cronogramas y presupuestos ajustados en obras.

Se incluye como población de interés a mecánicos especializados, operadores de maquinaria y personal técnico vinculado con el mantenimiento, uso y supervisión del equipo. Este grupo además de representar un componente esencial de la operación diaria, también aporta conocimientos importantes relacionados con las necesidades logísticas y técnicas que el servicio debe satisfacer.

Además, las comunidades locales impactadas por los proyectos de construcción son consideradas como actores indirectos, así como las autoridades ambientales y municipales que regulan el uso del suelo, las emisiones y el ruido, y proveedores de combustible y repuestos, los cuales al interactuar con el servicio forman parte de la cadena de valor del proyecto.

Este análisis poblacional enfoca las estrategias del proyecto en el prestar un servicio de maquinaria pesada confiable, eficiente y sostenible, adaptado a las exigencias económicas, técnicas y ambientales del mercado regional.

2.1.2. Proyección Demanda del Mercado

La proyección de la demanda del mercado se basa en el crecimiento continuo del sector de la construcción en la región del Meta, enfocado en municipios con avances constantes en la infraestructura vial, proyectos agrícolas e industriales que requieren de movimientos de tierra y obras civiles urbanas. Que se de este comportamiento refleja una oportunidad significativa para las empresas que brindan servicios de alquiler y operación de maquinaria pesada.

Con base en esto, la demanda por servicios especializados de mantenimiento, gestión de maquinaria pesada y reducción de tiempos muertos muestra una tendencia en aumento. Según el portal Kuno (2024), las ventas de maquinaria amarilla en Colombia crecieron un 30% durante el año, impulsadas por la reactivación de proyectos de construcción, infraestructura y minería. Este crecimiento también se debe a la necesidad de servicios complementarios, los cuales aseguran el mantenimiento preventivo, la gestión de riesgos operativos y la continuidad operativa de los equipos.

Del mismo modo, se proyecta por medio del análisis de tendencias generales del sector de la construcción en Colombia realizado con ayuda de una IA que el mercado de maquinaria pesada va a mantener una tasa de crecimiento anual del 4,4% hasta 2032, lo cual refuerza la viabilidad del presente proyecto. Debido a las cifras del DANE (2024), las cuales evidencian una recuperación del sector construcción con un crecimiento del 8,6% en obras civiles y a la proyección realizada, se valida la oportunidad de llevar a cabo una estrategia de gestión que se centre en la eficiencia operativa de la maquinaria. Esto contribuye a mejorar la rentabilidad de empresas como Maquinobras SAS, además de responder adecuadamente a la creciente demanda del sector.

2.1.3. Proyección Oferta del Mercado

La oferta de maquinaria pesada en Colombia viene experimentando una expansión significativa en los últimos años, esta crece de forma impulsada debido a la creciente demanda en los sectores de infraestructura, minería y construcción. En 2024, las ventas de maquinaria pesada crecieron un 30% en el país, lo cual posiciona a Colombia como uno de los mercados con mayor movimiento en América Latina para este tipo de equipos.

Debido a que se espera que esta tendencia continúe, con una tasa de crecimiento anual proyectada del 4,4% hasta 2032. Este crecimiento viene respaldado por la planificación de nuevos proyectos energéticos, residenciales, viales y comerciales, que soportan un panorama positivo para el sector de la construcción, por lo cual, también respalda la oferta de maquinaria pesada.

Así mismo, la industria de la maquinaria pesada está pasando por un cambio significativo, el cual está siendo promovido por avances tecnológicos y una demanda en aumento de prácticas sostenibles. Se proyecta que el mercado global de equipos de minería y construcción aumentará desde 142.200 millones de dólares en 2024 a 231.400 millones de dólares para 2031, con una tasa de crecimiento anual compuesto (TCAC) del 7,2% durante este periodo.

En torno a Colombia, se estima que el mercado de excavadoras de orugas aumentará a una tasa compuesta anual de más del 4,39% durante el período 2021-2027, llegando así a ingresos por US\$168 millones y cerca de 1.982 unidades. Este crecimiento es promovido por el auge de los proyectos viales de cuarta y quinta generación, así como diversas obras de infraestructura planeadas en el país.

Estas proyecciones reflejan que la oferta de maquinaria pesada en Colombia va a continuar en crecimiento, siendo respaldada por la adopción de tecnologías más eficientes y limpias, y por la inversión en infraestructura. Este escenario ofrece grandes oportunidades para empresas como Maquinobras SAS, las cuales buscan posicionarse en el mercado mediante el implementar estrategias de gestión que se centren en la eficiencia operativa de la maquinaria.

2.1.4. Punto Equilibrio Oferta – Demanda del Mercado

El análisis de un punto de equilibrio entre la oferta y la demanda en este mercado de maquinaria pesada da paso a establecer el nivel mínimo de operación que debe tener Maquinobras SAS para alcanzar a cubrir sus costos y mantenerse competitiva. Este punto ilustra la cantidad de servicios de maquinaria pesada para no incurrir en pérdidas, que la empresa debe alquilar mensualmente.

Conforme a las proyecciones realizadas, Maquinobras SAS planea ofrecer sus servicios principalmente en los municipios del Meta y alrededores, en los cuales la demanda anual esperada de alquiler de maquinaria pesada es de aproximadamente 1200 días-maquina. Esta proyección es dada por el análisis de las tendencias de inversión en infraestructura en la región, además de los datos de demanda proporcionados por el DANE, y proyecciones privadas del sector.

Del mismo modo, la capacidad de oferta de la empresa, teniendo en cuenta la disponibilidad operativa, rotación de maquinaria y mantenimientos, se proyecta en 936 días-maquina al año ($3 \text{ equipos} \times 26 \text{ días/mes} \times 12 \text{ meses}$). Esta cifra es para un nivel operativo optimo teniendo en cuenta turnos diarios de 8 horas, 26 días laborales por mes y una ocupación del 100%.

Al comparar la demanda potencial, con la oferta actual se observa un desfase del 22%, lo cual representa una oportunidad de expansión para Maquinobras SAS. Si se implementa el plan de gestión de la maquinaria y se optimizan los tiempos muertos, se podría alcanzar un punto de equilibrio en aproximadamente 31 días-máquina mensuales, lo cual significa un 40% de ocupación operativa constante.

El superar este umbral no solo cubrirá los costos variables y fijos de la operación, si no también permitirá el generar utilidades, reducir riesgos operativos y facilitar la reinversión en mantenimiento preventivo, lo cual es el objetivo central del presente proyecto.

Este valor es dado como meta de la operación total mensual, para calcular el punto exacto donde ingresos = costos se deben considerar los siguientes valores los cuales permiten el encontrar este número mínimo de días-máquina que Maquinobras SAS debe operar mensualmente para cubrir sus costos totales sin incurrir en pérdidas:

El precio promedio por día-máquina (ingreso por unidad), se estimó en \$1.333.333 COP por día-máquina, por medio de un promedio entre el valor de arriendo de los diferentes tipos de maquinaria pesada de la empresa.

Los costos fijos totales se proyectaron en \$21.200.000 COP mensuales, este valor incluye:

- Sueldos administrativos y operativos.
- Alquiler de instalaciones.
- Seguros de maquinaria.
- Costos contables y legales.
- Servicios públicos y otros fijos operativos.

Los costos variables por día-máquina están estimados en \$600.000 COP por unidad, e incluyen:

- Combustible.
- Mantenimiento básico.
- Repuestos menores.
- Pago proporcional de operarios por uso.

Y las fórmulas empleadas fueron:

- Ingresos totales (IT)

$$IT = \text{Precio por día} - \text{máquina} * \text{Cantidad de días} - \text{máquina}$$

$$IT = 1.333.333 * X$$

- Costos totales (CT)

$$CT = \text{Costos fijos} + (\text{Costo variable por unidad} * \text{Cantidad de días} - \text{máquina})$$

$$CT = 21.200.000 + (600.000 * X)$$

- Punto de Equilibrio (PE)

Se alcanza cuando los ingresos igualan los costos totales:

$$1.333.333 * X = 21.200.000 + 600.000 * X$$

$$X = \frac{21.200.000}{1.333.333 - 600.000} = 30,15 \approx 31 \text{ días} - \text{máquina/mes}$$

Para la construcción de la gráfica se generó una tabla con valores de ingreso y costos totales para diferentes cantidades de días-máquina. A continuación, se presentan algunos puntos usados:

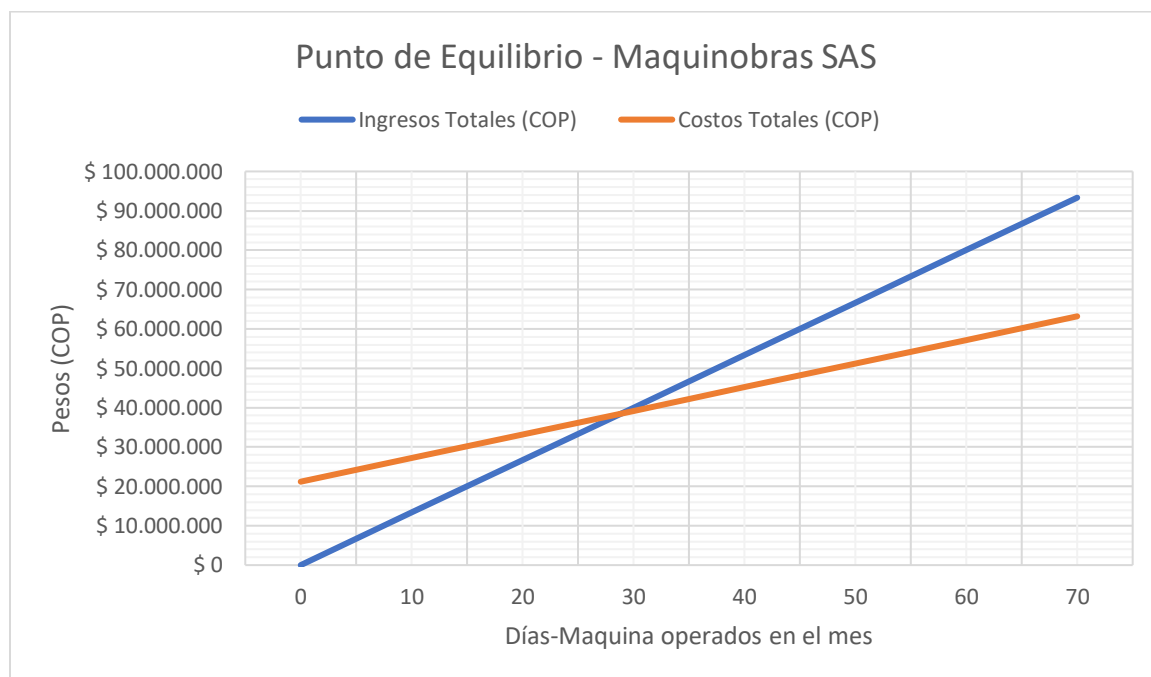
Tabla 4. Punto de equilibrio

Días-Máquina	Ingresos Totales	Costos Totales
0	\$0	\$21.200.000
31 (PE)	\$41.333.000	\$39.800.000
40	\$53.333.000	\$45.200.000
80	\$106.667.000	\$69.200.000
90	\$120.000.000	\$75.200.000

Fuente: Construcción del autor.

El punto donde ambas curvas se cruzan es en los 31 días-máquina, demostrando así visualmente y matemáticamente el punto de equilibrio.

Figura 5. Punto de equilibrio



Fuente: Construcción del autor.

La empresa Maquinobras SAS tiene que asegurar una renta mínima de 31 días-máquina mensuales para cubrir todos sus costos. Desde este punto toda renta adicional representa ganancia para la organización.

2.1.5. Pronóstico de Ventas y Comercialización del Producto

Maquinobras tiene una capacidad máxima de operación de 78 días-máquina al mes (3 máquinas $\times$ 26 días calendario). Tomando en cuenta factores operativos, logísticos y estacionales, se plantea un escenario de crecimiento progresivo en el volumen de arriendos, con una tasa de ocupación inicial del 60% en el primer mes, y con incrementos graduales de 5 puntos porcentuales mensuales hasta llegar a estabilizarse en un 90% hacia el mes 7. A partir de este punto se mantiene ese nivel de utilización de la flota.

La proyección de ingresos está basada en una tarifa promedio mensual ponderada por tipo de equipo. Para este caso, se calculan los ingresos sobre la base de la tarifa promedio de COP \$1.333.333 por día-máquina. Este valor es el resultado de ponderar las tarifas actuales en el mercado local, calculada con el peso relativo de dos excavadoras y un vibro compactador (sección 2.1.4).

Con esto en cuenta, se presenta la tabla proyectada para los primeros 12 meses:

Tabla 5. Proyección de ingresos

Mes	Tasa de ocupación	Días-máquina proyectados	Tarifa promedio (COP)	Ingreso mensual (COP)
1	60%	46.8	1.333.333	62.400.000
2	65%	50.7	1.333.333	67.600.000
3	70%	54.6	1.333.333	72.800.000

Mes	Tasa de ocupación	Días-máquina proyectados	Tarifa promedio (COP)	Ingreso mensual (COP)
4	75%	58.5	1.333.333	78.000.000
5	80%	62.4	1.333.333	83.200.000
6	85%	66.3	1.333.333	88.400.000
7	90%	70.2	1.333.333	93.600.000
8	90%	70.2	1.333.333	93.600.000
9	90%	70.2	1.333.333	93.600.000
10	90%	70.2	1.333.333	93.600.000
11	90%	70.2	1.333.333	93.600.000
12	90%	70.2	1.333.333	93.600.000

Fuente: Construcción del autor.

Total ingreso proyectado anual: COP \$1.041.000.000.

Este pronóstico permite el evaluar de forma realista las metas de rentabilidad y sostenibilidad financiera del proyecto. Sirve como análisis del punto de equilibrio, expansión de flota, proyección de inversión en mantenimiento preventivo y planificación del flujo de caja.

La estrategia de comercialización se enfoca en tres frentes:

1. Relaciones B2B regionales: Alianzas con alcaldías, constructoras y empresas de infraestructura del sector.
2. Marketing digital dirigido: Redes sociales y presencia en Google Maps.
3. Fidelización de clientes actuales: Descuentos por volumen y contratos anuales.

Se complementará esta estrategia con visitas periódicas a clientes potenciales institucionales y privados, mejorando así la marca como una opción eficiente y confiable en gestión de maquinaria pesada.

2.1.6. Factores de Competencia del Mercado y Distintivos del Proyecto

El mercado del alquiler de maquinaria pesada particularmente en la región del Meta, ha demostrado una competencia en crecimiento, determinada por una alta fragmentación y con predominancia de medianas y pequeñas empresas. Las variables principales que determinan la competitividad en el sector son:

Factores de Competencia del Mercado:

1. Flexibilidad y precio de tarifas: El mercado de alquiler de equipos está altamente fragmentado; los principales actores concentran $\approx 19\%$ de la participación global (Global Market Insights. 2024), lo que intensifica la competencia por precio y presiona la eficiencia operativa.
2. Confiabilidad y disponibilidad de la máquina: La posibilidad de garantizar disponibilidad inmediata y equipos en óptimas condiciones representa una ventaja clave en la selección de proveedor.
3. Capacidad técnica y mantenimiento: El contar con programas de mantenimiento preventivo y con personal capacitado reduce los fallos operativos, lo cual significa tener una ventaja competitiva directa.
4. Tiempo de respuesta y ubicación: En regiones con difícil acceso como el Ariari es determinante la cercanía al sitio de la obra y los tiempos de respuesta rápidos.
5. Fidelización y relaciones comerciales: Las empresas con beneficios por lealtad, o con contratos flexibles fortalecen su permanencia en el mercado.

Según el reporte de Allied Market Research (2022), “el mercado global de alquiler de equipos de construcción está impulsado por la demanda creciente de equipos flexibles, la necesidad de optimizar costos en proyectos y una mayor conciencia sobre el mantenimiento predictivo”.

Distintivos del Proyecto:

Frente a estos factores de competencia el proyecto se posiciona con los siguientes elementos diferenciadores:

- Implementación de un programa maestro de mantenimiento preventivo, lo que reduce fallos operativos, aumenta la disponibilidad de equipos en buen estado y alarga su vida útil.
- Sistema de gestión de riesgos operativos, esto garantiza una confiabilidad mayor en la operación con menor probabilidad de retrasos en obras.
- Capacitación continua del personal técnico y operativo, reduciendo errores humanos y aumentando la eficiencia en campo.
- Cumplimiento normativo y compromiso ambiental, esto por medio de protocolos alineados con la normativa ambiental local.
- Cobertura regional estratégica, con una base en Granada (Meta), es posible atender de forma rápida las zonas rurales con mayor oferta.

El tener este enfoque integral no solo mejora la rentabilidad de la empresa, también busca el convertirse en un modelo replicable de gestión técnica en el sector de la maquinaria para obras civiles.

2.1.7. Determinación de Precio(s) / Estrategias de Comercialización del Producto

Determinación del precio

Para el precio de los servicios de alquiler de maquinaria pesada en marco del proyecto, se consideran variables del mercado, análisis de competencia, costos operativos reales, y márgenes de rentabilidad esperados.

Para el cálculo del precio de alquiler diario se utiliza la siguiente formula:

$$\text{Precio de Alquiler Diario} = \text{Costo Operativo Diario} + \text{Margen de Rentabilidad}$$

También se puede expresar de la siguiente manera:

$$\text{Precio de Alquiler Diario} = \frac{\text{Costo Operativo Diario}}{1 - \text{Margen Bruto Deseado}}$$

El costo operativo diario estimado (COPD) incluye:

$$\begin{aligned} \text{COPD} = & \text{Costo de Combustible} + \text{Mano de Obra (operador)} \\ & + \text{Mantenimiento preventivo (prorrateado)} + \text{Depreciación diaria} \\ & + \text{Seguros y gastos varios} \end{aligned}$$

Ejemplo para Excavadora Sobre Orugas:

- Combustible: \$350.000/día (uso promedio de 10 gal/hora * 8 h/día)
- Mano de obra: \$150.000/día
- Mantenimiento preventivo: \$100.000/día (prorrateado mensual dividido por días trabajados)
- Depreciación: \$250.000/día (suponiendo 8 años de vida útil y valor de \$600 millones)
- Otros (seguros, filtros, etc.): \$50.000/día

$$\text{COPD} = 350.000 + 150.000 + 100.000 + 250.000 + 50.000 = \$900.000$$

Margen bruto deseado:

Usualmente se establece entre el 30% y 40%, dependiendo de:

- Riesgos del servicio (reparaciones, variaciones climáticas)

- Competencia local
- Rentabilidad esperada por la empresa

En este caso, se aplicó un margen de 38%.

$$Precio = \frac{900.000}{1 - 0,38} = \frac{900.000}{0,62} \approx \$1.451.612$$

Resultado final redondeado: \$1.450.000 COP/día

Ejemplo para Vibro compactador:

$$COPD = Costo\ de\ Combustible + Mano\ de\ Obra + Mantenimiento\ preventivo \\ + Depreciación + Otros$$

Supuestos realistas:

- Combustible: 40L/día $\times$ \$10.876/L = \$435.000
- Mano de Obra (operador): \$87.000
- Mantenimiento preventivo (prorratedo): \$13.000
- Depreciación: Se supone un valor de compra de \$350.000.000 y una vida útil de 8:

$$\frac{\left(\frac{(350.000.000 * 0,9)}{8} \right)}{312} \approx \$126.000/día$$

- Otros (seguros, lubricantes, imprevistos): \$59.000

Total COPD:

$$COPD = 435.000 + 87.000 + 13.000 + 126.000 + 59.000 = \$720.000$$

Margen bruto deseado:

En este caso se aplicó un margen del 34%:

$$Precio = \frac{720.000}{1 - 0,34} = \frac{720.000}{0,66} \approx \$1.100.000$$

Resultado final redondeado: \$1.100.000 COP/día

Por lo tanto, se presentan los siguientes resultados:

Tabla 6. Determinación de precio

Equipo	Precio Base Día (COP)	Costo Operativo Diario Estimado (COP)	Margen Bruto Aproximado (%)
Excavadora Sobre Orugas	\$1.450.000	\$900.000	38%
Vibro compactador	\$1.100.000	\$720.000	34%

Fuente: Construcción del autor.

Estos precios permiten el cubrir los costos directos (operador, combustible, depreciación, mantenimiento) y además de generar una rentabilidad sostenible.

Como estrategias de comercialización, con el objetivo de captar y fidelizar clientes en el sector construcción del Meta, se implementarán las siguientes estrategias:

1. Segmentación geográfica y por tipo de obra: Dirigido a infraestructura vial, obras civiles y proyectos agroindustriales en zonas con baja oferta local de maquinaria.
2. Descuentos por duración o volumen: Tarifas especiales para alquileres mensuales o por proyectos de largo plazo.
3. Marketing relacional: Visitas a constructoras y contratistas del Ariari, y convenios con gremios de la construcción.
4. Presencia digital estratégica: Redes sociales con contenido técnico y campañas de geolocalización en Google Maps.
5. Programas de fidelización de clientes: Beneficios para clientes recurrentes, como acceso preferencial a equipos disponibles.

Por medio de estas estrategias se busca posicionar a Maquinobras SAS como una empresa que garantiza la disponibilidad y confiabilidad, lo cual representa un valor agregado para los proyectos de construcción en la región.

2.2. Estudio Técnico

2.2.1. Definición Técnica y Conceptual del Proyecto – Producto

Este proyecto tiene como objetivo el implementar un sistema integral de gestión de maquinaria pesada enfocada a la reducción de riesgos operativos y tiempos muertos no planificados en proyectos de construcción. Por medio de la estandarización de procedimientos operativos, de una estrategia centrada en el mantenimiento preventivo y de la capacitación del personal operativo y técnico, se aumenta la disponibilidad efectiva de maquinaria, prologando su vida útil y optimizando su uso.

Producto principal del proyecto:

Servicio especializado de alquiler de maquinaria pesada con gestión operativa optimizada, caracterizado por:

- Disponibilidad continua y planificada de equipos.
- Soporte técnico con enfoque preventivo y correctivo.
- Trazabilidad operativa y técnica de cada máquina.
- Reducción de ineficiencias y paradas no programadas.
- Condiciones comerciales competitivas y servicio personalizado.

Este servicio integra el aplicar las herramientas tecnológicas para así realizar el seguimiento del estado de la maquinaria (registros de mantenimiento, uso de hojas de vida digital, reportes de inspección diaria) y el implementar protocolos estandarizados de operación, mantenimiento e inspección.

Productos asociados:

Aparte del servicio principal, el proyecto genera productos complementarios, los cuales aportan valor al cliente y fortalecen la sostenibilidad ambiental y técnica de la operación:

1. Diagnóstico técnico periódico de las máquinas para anticipar fallos mecánicos.
2. Informe de riesgos operativos y estrategias de mitigación para contratistas.
3. Plan de mantenimiento preventivo documentado y personalizado para cada equipo.
4. Reporte de indicadores de disponibilidad y eficiencia (KPIs) como soporte a decisiones gerenciales del cliente.
5. Manual de operación segura y ambientalmente responsable para los operadores.

Este proyecto se traza con principios de sostenibilidad, productividad y mejora continua en la gestión de activos, esto con base a las recomendaciones de estándares internacionales como el ISO 55000 sobre gestión de activos físicos, buenas prácticas del Project Management Institute (PMI) en gestión de operaciones y mantenimiento.

Del mismo modo se atienden criterios definidos por organismos especializados como la Construction Industry Institute (CII), los cuales destacan que una gestión efectiva del equipo disminuye entre un 10% y 30% los costos operativos directos en obras civiles (CII, 2019). El tener este enfoque también responde a desafíos modernos como la eficiencia energética, la sostenibilidad ambiental de los equipos, y la trazabilidad operativa en el sector.

2.2.2. Ingeniería del Proyecto – Procesos Productivos

Este proyecto tiene como fin el optimizar del servicio de alquiler de maquinaria pesada por medio de una gestión técnica avanzada que da paso a disminuir los riesgos operativos y los tiempos muertos no planificados. Para llegar a este objetivo, se genera una cadena de valor

basada en procesos técnicos, operativos y de soporte, respaldados en estándares internacionales y en la experiencia operativa de Maquinobras SAS.

1. Proceso productivo general del servicio

El proceso productivo del proyecto se compone de cuatro etapas fundamentales:

- a. Recepción de solicitud y asignación de maquinaria
 - Identificación del requerimiento del cliente.
 - Validación de disponibilidad técnica y logística del equipo.
 - Programación de entrega y operación.
 - b. Inspección técnica preoperativa y documentación
 - Verificación del estado mecánico, hidráulico y estructural del equipo.
 - Llenado de checklists y actualización de hoja de vida del equipo.
 - Revisión de documentación operativa y legal (SOAT, pólizas, mantenimientos).
 - c. Ejecución del servicio y seguimiento operativo
 - Despacho del equipo a obra con operador certificado.
 - Registro de horas efectivas de trabajo (días-máquina).
 - Inspecciones periódicas y registro de incidentes o fallas menores.
 - Control de combustible, lubricantes y consumibles.
 - d. Mantenimiento preventivo programado y corrección de fallas
 - Ejecución de mantenimiento cada 250/500 horas operativas, según manual del fabricante.
 - Diagnóstico técnico posterior a cada ciclo de operación.
 - Implementación de medidas correctivas y retroalimentación al sistema.
- ### 2. Tecnología aplicada

Se agrega el uso de herramientas digitales para el control operativo y técnico de la maquinaria, por ejemplo:

- Software de gestión de mantenimiento asistido por computador.
- Aplicaciones móviles para inspecciones y control diario de operación.
- Bases de datos técnicas para trazabilidad mecánica de cada equipo.

3. Mejoras obtenidas con el proyecto

Con la incorporación del modelo de gestión optimizado se esperan los siguientes beneficios:

- Reducción de los tiempos muertos operativos en un 30%, gracias a la anticipación de fallas y mantenimientos eficientes (Ramirez & Torres, 2020).
- Aumento del tiempo efectivo de trabajo de cada máquina en obra, mejorando la disponibilidad del servicio.
- Disminución de costos relacionados con mantenimiento correctivo y fallas graves.
- Mejora en la calidad del servicio y percepción del cliente, reflejada en una menor rotación de contratos y mayor fidelización.

Este proceso se apoya en las prácticas recomendadas por la Association of Equipment Management Professionals (AEMP), que promueven la gestión de ciclo de vida completo de la maquinaria pesada, enfocándose en rendimiento, sostenibilidad y seguridad operativa (AEMP, 2021).

2.2.3. Tamaño del Proyecto

El tamaño del proyecto está definido en base de la capacidad instalada actual de Maquinobras SAS y su proyección operativa esperada después de implementar el sistema de

gestión de maquinaria pesada guiado a disminuir riesgos operativos y tiempos muertos no planificados.

Capacidad Instalada

Maquinobras SAS cuenta actualmente con una flota operativa compuesta por:

- 2 excavadoras sobre orugas
- 1 vibro compactador

Cada equipo está disponible para operación hasta 26 días calendario por mes, lo que representa una capacidad instalada de:

$$\text{Capacidad máxima mensual} = 3 \text{ máquinas} * 26 \text{ días} = 78 \text{ días} - \text{máquina/mes}$$

$$\text{Capacidad máxima anual} = 78 \text{ días/mes} * 12 = 936 \text{ días} - \text{máquina/año}$$

Este valor representa el volumen teórico máximo de producción del servicio, en condiciones de disponibilidad total y sin interrupciones operativas, lo cual no suele ser alcanzado debido a mantenimientos, traslados, días improductivos u otros factores logísticos.

Capacidad Proyectada de Ocupación

Con base en el pronóstico de ventas, las proyecciones técnicas y el plan de mejora operativa del presente proyecto, se estima una ocupación progresiva, que alcanzará su punto óptimo a partir del séptimo mes, con un promedio sostenido de 90% de utilización mensual.

$$\text{Capacidad proyectada mensual} = 90 \text{ días} - \text{máquina} * 90\% = 81 \text{ días} - \text{máquina/mes}$$

$$\text{Capacidad proyectada anual} = 81 * 12 = 972 \text{ días} - \text{máquina/año}$$

Este nivel de ocupación proyectado es coherente con la capacidad técnica de respuesta del personal, la política de mantenimiento preventivo y la demanda actual del mercado local.

De acuerdo con el pronóstico de ventas (pt. 2.1.5), la utilización de la flota crecerá del 60% al 90% durante los primeros siete meses y se estabilizará en 90% a partir del mes 7:

Tabla 7. Capacidad proyectada de ocupación

Mes	% Ocupación	Días-máquina
1	60 %	46,8
2	65 %	50,7
3	70 %	54,6
4	75 %	58,5
5	80 %	62,4
6	85 %	66,3
≥7	90 %	70,2

Fuente: Construcción del autor.

Con esta senda de crecimiento, la ocupación media anual se sitúa en $\approx 81\%$ (760,5 días-máquina), coherente con la demanda regional y la estrategia de fidelización de clientes.

Volumen de Producción Estimado (Servicio Prestado)

El volumen de producción se mide como el número de días-máquina vendidos al año, lo cual representa directamente la cantidad de días en los que la maquinaria está generando ingresos para la empresa. De acuerdo con la ocupación esperada y la tarifa promedio proyectada de \$1.333.333 COP por día-máquina, el volumen económico de producción estimado es:

$$760,5 \text{ días} - \text{máquina/año} * \$1.333.333 = \$1.014.000.000 \text{ COP/año}$$

Este volumen proyectado será el nuevo estándar de operación luego de la implementación del sistema de gestión, representando una mejora significativa frente a niveles históricos de ocupación efectiva.

2.2.4. Localización del Proyecto

El proyecto de gestión de maquinaria pesada se localiza en el municipio de Granada, departamento del Meta, Colombia, donde opera Maquinobras SAS, empresa dedicada a la renta y operación de maquinaria para obras civiles. La sede física corresponde a un lote de aproximadamente 2.000 m², utilizado como parqueadero público, el cual ha sido adaptado para el funcionamiento operativo del proyecto.

Características de la Localización

El lote actual funciona como centro logístico y operativo de Maquinobras SAS y cuenta con:

- Área de parqueo para maquinaria pesada.
- Zona de mantenimiento básico y preventivo.
- Bodega de repuestos y herramientas.
- La oficina administrativa opera en modalidad home office, lo que permite una reducción de costos fijos y mejora la flexibilidad operativa.

Esta modalidad híbrida responde a las necesidades actuales de eficiencia, optimización de recursos y aprovechamiento del entorno inmediato, sin necesidad de adquirir o adecuar instalaciones industriales propias.

Condición del Suelo y Normativa

Es importante destacar que el terreno no está clasificado como suelo industrial, ya que funciona como parqueadero público, por lo tanto:

- Las actividades se deben limitar al mantenimiento de primer nivel y operaciones logísticas permitidas en este tipo de suelo.

- En caso de requerir una expansión futura o inclusión de procesos industriales mayores, será necesario gestionar la viabilidad legal del uso de suelo ante la administración municipal, o considerar una reubicación hacia una zona industrial autorizada.

Justificación Estratégica

La elección de Granada como base de operaciones responde a criterios de oportunidad logística y cercanía al mercado objetivo:

- La mayoría de proyectos donde se utiliza la maquinaria (vialidad, movimientos de tierra, adecuación de terrenos) están ubicados en Granada y municipios vecinos como El Castillo, Lejanías y San Martín.
- La localización actual permite reducir los tiempos de desplazamiento, optimizar costos operativos y brindar una respuesta rápida ante requerimientos de los clientes.
- La infraestructura vial local y regional permite el tránsito constante de maquinaria sin necesidad de permisos especiales de movilización a largas distancias.

Evaluación General

Aunque falta un suelo industrial, la ubicación actual funciona bien para lo que hacen ahora. Hay infraestructura básica que sirve, las carreteras están bien y como muchos trabajan desde casa, se ahorran gastos de oficina. Esto es bueno para los números del proyecto. Con este lugar, es posible mantenerse sin problemas económicos, por ahora. Pero más adelante, si crecen las cosas, si hay más máquinas o se ofrecen más servicios, probablemente habrá que buscar un lugar específico para operar, con todas las condiciones adecuadas.

2.2.5. Organización del Proyecto

La clave para que un proyecto funcione bien a largo plazo está en tener una buena organización. Esto es fundamental para asegurar que todo marche sin problemas desde el punto de vista legal, operativo y administrativo. Aquí entra en juego la estructura que se le da al proyecto, así como la forma en que se organiza y quiénes son los encargados de llevarlo a cabo. Tomando como ejemplo el proyecto de Gestión de Maquinaria Pesada, es importante contar con una estructura legal y organizativa sólida, además de tener los recursos humanos adecuados para ejecutar y mantener el proyecto, cuyo objetivo primordial es reducir riesgos operativos y minimizar aquellos tiempos muertos no previstos que pueden surgir en proyectos de construcción.

Estructura Legal

El proyecto está respaldado jurídicamente por la empresa Maquinobras SAS, constituida como Sociedad por Acciones Simplificada (SAS) desde el año 2011, con NIT y registro mercantil vigente. Esta forma societaria fue elegida por su flexibilidad administrativa, facilidad en la toma de decisiones, y bajo costo de mantenimiento legal, permitiendo la participación de socios o inversionistas sin comprometer la estructura del negocio principal.

La empresa cumple con los requisitos legales en materia tributaria, laboral, y ambiental, y está sujeta a la normatividad colombiana en los siguientes marcos regulatorios:

- Código de Comercio Colombiano.
- Normativa de seguridad industrial y salud en el trabajo.
- Legislación ambiental para actividades no industriales en zonas urbanas.
- Regulaciones municipales para parqueaderos públicos y actividades comerciales conexas

Estructura Organizacional

El proyecto tiene una estructura organizativa bastante plana y funcional. Esto significa que hay líneas de responsabilidad claras y bien definidas, lo que facilita el trabajo en equipo y la toma de decisiones. Al mismo tiempo, esta estructura está diseñada para ser lo suficientemente flexible como para adaptarse a los cambios que pueda experimentar el proyecto a medida que avanza.

En cuanto a la forma en que se organiza el equipo, se basa en áreas o departamentos especializados, cada uno con sus propias responsabilidades y objetivos. Esta configuración permite un funcionamiento eficiente dentro del proyecto. La organización básica es la siguiente:

- Representante Legal y Gerente General: Encargado de la dirección estratégica, toma de decisiones financieras y legales, y supervisión general de las operaciones.
- Gerente de Proyectos: Coordina el diseño, seguimiento y control de los proyectos específicos que involucren maquinaria, garantizando el cumplimiento de metas técnicas y de tiempos.
- Coordinador Operativo: Supervisa el funcionamiento diario de la maquinaria, cronogramas de alquiler, transporte, mantenimiento y coordinación con los operadores.
- Técnico Mecánico: Realiza mantenimiento preventivo y correctivo de las máquinas, inspecciones periódicas y reportes técnicos.
- Operadores de Maquinaria (3): Personal capacitado y certificado para el uso de excavadoras, vibro compactadores y otros equipos, con énfasis en seguridad operativa.

- Apoyo administrativo remoto: Responsable de la facturación, manejo de documentación, control de pagos, compras de repuestos y atención al cliente (operado bajo modalidad home office).

Requerimientos de Personal

Actualmente, la empresa cuenta con el siguiente personal activo:

- 1 Representante legal / gerente general
- 1 Gerente de proyectos (externo contratado por proyecto)
- 1 Coordinador operativo
- 3 Operadores de maquinaria
- 1 Técnico mecánico especializado
- 1 Asistente administrativo remoto (por servicios tercerizados)

En caso de expansión o aumento en la flota de maquinaria, se contempla únicamente la vinculación de:

- 1 segundo técnico mecánico, que reforzará el mantenimiento preventivo y correctivo para sostener una mayor disponibilidad operativa de la maquinaria.

Fortalezas de la Organización

- Alta experiencia operativa desde 2011 en el sector.
- Estructura flexible y de bajo costo fijo.
- Personal capacitado en manejo de maquinaria pesada.
- Cultura organizacional orientada a la eficiencia, el mantenimiento proactivo y la mejora continua.

2.2.6. Requerimiento Para el Desarrollo del Proyecto

El proyecto “Gestión de Maquinaria Pesada: Reducción de Riesgos Operativos y Tiempos Muertos no Planificados en Proyectos de Construcción” aspira a mejorar la eficiencia en la construcción. Para lograrlo, se necesitan ciertos recursos. Estos recursos son básicos y cubren varios aspectos del negocio, desde el alquiler de maquinaria hasta el mantenimiento, pasando por el monitoreo y el cuidado al cliente. Se han agrupado los principales requerimientos en tres áreas importantes: lo que necesitamos en términos de equipo, lo que se refiere a espacios y estructuras y, por último, los elementos esenciales para trabajar.

Equipos

Los equipos principales están compuestos por la flota de maquinaria pesada, herramientas de mantenimiento, y tecnología para el soporte operativo y administrativo:

- Excavadoras orugas (2 unidades): Maquinaria principal para excavación de terrenos en proyectos de infraestructura.
- Vibro compactador (1 unidad): Utilizado para compactación de suelos y capas granulares en obras civiles.
- Retroexcavadora y volqueta (uso exclusivo interno): Empleados solo en actividades de soporte logístico de la empresa.
- Herramientas y equipos de mantenimiento: Compresores, gatos hidráulicos, equipos de diagnóstico básico, pistolas de engrase, kits de herramientas mecánicas, etc.
- Sistemas de gestión operativa y mantenimiento: Software (tipo Excel avanzado o soluciones en la nube) para la planificación de mantenimientos, inventarios de repuestos y gestión de solicitudes de servicio.

Infraestructura

La infraestructura física donde se desarrolla el proyecto incluye:

- Lote de 2.000 m² en Granada, Meta: Usado como sede operativa y parqueadero público legalmente autorizado. Allí se realizan labores de mantenimiento, parqueo, revisión y alistamiento de la maquinaria.
- Zona de mantenimiento básico: Área al aire libre con espacio suficiente para reparaciones mecánicas menores, equipada con elementos de seguridad industrial y recolección de residuos.
- Bodega de repuestos: Estructura física cerrada donde se almacenan filtros, aceites, sellos hidráulicos, correas, baterías y otros consumibles críticos.
- Oficina administrativa en modalidad home office: Desde donde se gestionan actividades contables, comerciales, de atención al cliente y planeación operativa, optimizando costos fijos de infraestructura.

Insumos

Los insumos para el desarrollo del proyecto están orientados principalmente al sostenimiento y operación efectiva de la maquinaria:

- Lubricantes y aceites industriales (hidráulicos, motor, transmisión).
- Combustible diésel: Proveedor local certificado, consumo mensual basado en cronograma de uso.
- Repuestos programados: Filtros de aire, combustible, aceite, correas, retenedores, etc.
- Elementos de protección personal (EPP): Cascos, guantes, gafas de seguridad, botas dieléctricas, protectores auditivos.

- Materiales y suministros de oficina.

Proveedores y abastecimiento

En la zona se tiene a una red de proveedores locales tanto del municipio como de la región del Meta, especializados en combustibles, repuestos y todo tipo de materias para mantenimiento, esto es clave dado que ayuda a minimizar esperas largas y también reduce bastante los gastos de mover mercancía. Si hay suministros de cierta complejidad, entonces existen acuerdos sólidos con varios proveedores a nivel nacional, asegurando un flujo constante de abastecimiento.

2.2.7. Supuestos y Restricciones del Proyecto

El proyecto “Gestión de Maquinaria Pesada: Reducción de Riesgos Operativos y Tiempos Muertos no Planificados en Proyectos de Construcción” depende de varios factores que influyen en su viabilidad. Estos factores incluyen aspectos técnicos, económicos, ambientales y operativos. Es crucial Identificar estos factores para prevenir problemas, confirmar estimaciones y tomar decisiones informadas.

Supuestos del proyecto

1. En el municipio de Granada, Meta, y alrededores, existe una demanda permanente y cada vez mayor de servicios de alquiler de maquinaria pesada, motivada por la realización de obras civiles, la construcción de infraestructura vial y el crecimiento urbano.
2. Lo principal en Maquinobras S.A.S. es garantizar la disponibilidad técnica y operativa de la maquinaria que ya tienen. La idea es asegurarse de que cuenten al menos con una capacidad instalada mínima de 80 días-máquina cada mes.

3. Lo ideal sería que los precios promedio del mercado permanezcan estables durante los primeros tres años del proyecto, sin cambios bruscos en las tarifas de alquiler, el costo de los combustibles o el precio de los repuestos. Esto permitiría una previsibilidad razonable y facilitaría la planificación a largo plazo.

Estabilidad es clave en este sentido, ya que ayuda a reducir las incertidumbres y a mantener un entorno predecible.
4. Es fundamental contar con personal calificados, tanto en la operativa como en el mantenimiento, que tengan una sólida experiencia en el manejo y reparación de maquinaria pesada. Los operadores y técnicos mecánicos deben tener un histórico comprobado en este ámbito para garantizar un desempeño óptimo y un mantenimiento eficaz de la maquinaria. Esto significa que deben tener trabajadores con experiencia en el manejo correcto y la reparación efectiva de esta maquinaria, aspectos cruciales para cualquier proyecto u operación que implique maquinaria pesada.
5. Apoyo continuo de fabricantes y distribuidores a nivel regional y nacional. De esta forma, se puede asegurar un suministro constante de piezas de repuesto, materiales y servicios técnicos especializados en cualquier momento en que se necesiten.
6. El terreno actual tiene accesibilidad y habilitación, dado que, aunque no ha sido clasificado específicamente como suelo industrial, tiene una operación legal vigente como parqueadero público, lo que lo convierte en un lugar idóneo para los fines del proyecto propuesto.

7. Adopción de prácticas sostenibles y cumplimiento ambiental, minimizando impactos y respondiendo a futuras regulaciones ambientales.

Restricciones del proyecto

1. Limitación de suelo: El lote en cuestión, con una superficie de 2.000 m², plantea una limitación significativa: no está clasificado como suelo industrial. Esto implica que cualquier intento de realizar adecuaciones a gran escala o Expandir las operaciones logísticas y constructivas en el predio en sí mismo puede ser restringido. La clasificación actual no permite ese tipo de desarrollo, lo que reduce las posibilidades de expansión de las actividades dentro del propio terreno.
2. Restricciones legales y normativas: Existe el riesgo de que cambien las leyes y normas que rigen nuestras actividades. Esto podría suceder con las reglas relacionadas con el medio ambiente, el trabajo o el comercio. Si se actualizan, podría afectar como el negocio se lleva a cabo, especialmente en áreas como el control de emisiones, el manejo de vertimientos o la regulación del ruido.
3. Capacidad humana limitada: En cuanto a la capacidad humana, hay una limitación importante. Actualmente, el personal que opera está formado por tres operadores y un técnico mecánico. Si se decide expandir, solo se piensa en agregar un segundo técnico.
4. Dependencia de condiciones externas: La situación puede cambiar debido a condiciones externas. Por ejemplo, si hay lluvias intensas, o si hay bloqueos en la carretera, o tal vez no haya suficiente combustible, o si hay restricciones impuestas por la autoridad pueden interrumpir el funcionamiento normal de las operaciones.

5. Limitación presupuestal inicial: Una limitación importante al inicio es el presupuesto, así que el proyecto se va a desarrollar poco a poco. Por eso, no se puede pensar en hacer inversiones realmente grandes, como comprar más máquinas, sino hasta que se haya visto cómo marcha todo durante los primeros años y se sepa si se están generando beneficios.

2.3. Estudio Financiero

2.3.1. Estimación del Valor de la Inversión del Proyecto

El proyecto “Gestión de Maquinaria Pesada: Reducción de Riesgos Operativos y Tiempos Muertos no Planificados en Proyectos de Construcción” para Maquinobras SAS se divide en tres partes principales: activos fijos, costos preoperativos y capital de trabajo. Esto da una idea clara de lo que se necesita al principio para que todo funcione según lo planeado, al menos durante los primeros meses.

Activos Fijos

Los activos fijos son básicamente las inversiones en bienes que duran mucho tiempo y se usan en más de un ciclo productivo. En este proyecto, no hay planes para comprar nueva maquinaria porque la empresa ya tiene todo lo necesario. Lo que sí se considera es hacer algunas adecuaciones, añadir herramientas complementarias y hacer mejoras en la forma en que operan las cosas.

Tabla 8. Activos fijos

Concepto	Valor estimado (COP)
Kits de herramientas para mantenimiento	\$12.000.000

Concepto	Valor estimado (COP)
Equipos de diagnóstico básico (multímetro, compresor, torquímetros)	\$8.000.000
Adecuación de zona de mantenimiento (piso, drenajes menores, iluminación)	\$15.000.000
Estantería y seguridad para bodega de repuestos	\$6.000.000
Equipos informáticos y software básico (administración y mantenimiento)	\$7.000.000
Subtotal activos fijos	\$48.000.000

Fuente: Construcción del autor.

Costos Preoperativos

Son los gastos asociados a la planificación, diseño e implementación inicial del sistema de gestión:

Tabla 9. Costos preoperativos

Concepto	Valor estimado (COP)
Diseño del plan de mantenimiento preventivo	\$5.000.000
Consultoría externa (ingeniería y gestión)	\$6.000.000
Capacitación al personal operativo y técnico	\$4.000.000
Actualización de registros técnicos	\$2.000.000
Subtotal preoperativos	\$17.000.000

Fuente: Construcción del autor.

Capital de Trabajo Inicial

El capital de trabajo contempla los recursos líquidos necesarios para sostener la operación en sus primeras etapas (3 meses), mientras se consolidan ingresos constantes:

Tabla 10. Capital de trabajo inicial

Concepto	Fórmula de cálculo	Valor (COP)	Observaciones
Costos variables de arranque (combustible, lubricantes, filtros, consumibles)	$(46,8 + 50,7 + 54,6) \times 600.000$	\$91.260.000	Cubre la operación de los tres primeros meses (152,1 días-máquina) con el CV unitario.
Nómina operativa (3 meses)	$11.500.000 \times 3$	\$34.500.000	Sueldos de 3 operadores y 1 técnico mecánico; reclasificados como costo fijo pero requeridos en caja al inicio.
Inventario de repuestos críticos	Valor fijo	\$20.000.000	Stock inicial de filtros, kits hidráulicos y repuestos rápidos según el plan de mantenimiento preventivo.
Otros gastos menores e imprevistos	Estimación conservadora	\$6.000.000	Documentación, papelería, licencias de software y buffer del 3 %.
Capital de trabajo inicial		151.760.000 $\approx$ \$151.800.000	

Fuente: Construcción del autor.

Inversión Total Estimada del Proyecto

Tabla 11. Inversión total estimada del proyecto

Componente	Valor (COP)
Activos fijos	\$48.000.000
Costos preoperativos	\$17.000.000

Componente	Valor (COP)
Capital de trabajo	\$151.800.000
Total	\$216.800.000

Fuente: Construcción del autor.

Esta inversión es el monto básico necesario para poner en marcha el sistema de gestión de manera efectiva, sin que sea preciso aumentar la cantidad de máquinas. Los cálculos financieros se han realizado considerando los precios actuales del mercado, tanto local como regional, de equipos, herramientas, combustible y servicios externos.

2.3.2. Definición y Determinación de Costos y Gastos de Operación

Para que Maquinobras SAS pueda rentabilizar al máximo su servicio de alquiler de maquinaria pesada, es fundamental tener claras las distintas partidas de gastos. Los costos de operación y los gastos administrativos tienen que estar perfectamente separados y definidos. Esto no solo es importante para llevar una buena contabilidad, sino también para evaluar si el proyecto es realmente viable económica y estratégicamente. Con todos los números sobre la mesa, el equipo de Maquinobras SAS puede tomar decisiones informadas y plantear estrategias que los lleven a ser rentables, tanto a corto como a mediano plazo.

Costos Operacionales Directos

Los costos operacionales están directamente relacionados con el funcionamiento diario de los servicios. Estos costos varían según el nivel de uso de la maquinaria. Por ejemplo, se han estimado unos 70,2 días-máquina mensuales, lo que supone casi el 90% de ocupación. Esto se refiere principalmente a las excavadoras sobre orugas y a los vibro compactadores, considerando que, en total, hay 78 días-máquina de capacidad instalada. Esto implica que la mayoría de las máquinas están trabajando cerca de su máxima capacidad durante la mayor parte del tiempo.

Tabla 12. Costos operacionales directos

Concepto	Valor mensual (COP)	Valor anual (COP)
Combustible (diésel)	\$29.500.000	\$354.000.000
Repuestos y consumibles	\$7.000.000	\$84.000.000
Depreciación de maquinaria y equipos*	\$3.000.000	\$36.000.000
Total mensual	39.500.000	\$474.000.000

Fuente: Construcción del autor.

*La depreciación ha sido calculada estimando una vida útil residual promedio de 5 años para la maquinaria y herramientas actualmente en uso.

Gastos Administrativos y Generales

A pesar de funcionar en un modelo de teletrabajo, todavía hay algunos gastos básicos que son inevitables. Por ejemplo, los de oficina, marketing y todo lo que se necesita para mantener una actividad al aire libre. Estos gastos son necesarios para que el negocio siga adelante y para que se pueda brindar el servicio adecuado a los clientes.

Tabla 13. Gastos administrativos y generales

Concepto	Valor mensual (COP)	Valor anual (COP)
Servicios públicos y telecomunicaciones	\$600.000	\$7.200.000
Papelería y gastos menores	\$300.000	\$3.600.000
Redes sociales (gestión y promoción)	\$500.000	\$6.000.000
Contabilidad y asesoría financiera	\$1.000.000	\$12.000.000
Publicidad y promoción digital	\$800.000	\$9.600.000
Honorarios administrativos (home office)	\$3.500.000	\$42.000.000

Concepto	Valor mensual (COP)	Valor anual (COP)
Total mensual	\$6.700.000	\$80.400.000

Fuente: Construcción del autor.

Resumen de Costos y Gastos Operativos Anuales

Tabla 14. Resumen de costos y gastos operativos anuales

Tipo	Valor Anual (COP)
Costos operacionales	\$474.000.000
Gastos administrativos	\$80.400.000
Total anual estimado	\$554.400.000

Fuente: Construcción del autor.

La manera en que la empresa está estructurada hoy refleja con precisión cómo operan realmente. Esto hace más fácil definir algunos indicadores financieros clave, como la ganancia operativa, el flujo de caja y el punto en el que las ganancias igualan los gastos. Al disminuir algunos de los gastos fijos y aprovechar la flexibilidad de trabajar desde casa, se logra mantener la empresa competitiva con un buen control sobre los gastos adicionales.

2.3.3. Determinación de Fuentes de Financiación, Costo de Capital y Uso de Fondos

El proyecto de Gestión de Maquinaria Pesada se llevará adelante con recursos financieros propios, lo que quiere decir que no dependerá de préstamos, aportes de terceros o créditos bancarios. Esto le da al proyecto libertad para tomar sus propias decisiones financieras, disminuye el riesgo de quedar atrapado en deudas y ofrece más flexibilidad durante la puesta en marcha. De este modo, los responsables del proyecto gozan de mayor independencia a la hora de gestionar sus recursos, evitando así las limitaciones que suele imponer la financiación externa.

Al contar con fondos propios, se minimiza la exposición al endeudamiento y se maximiza la capacidad de respuesta en caso de eventualidades, permitiendo así una ejecución más ágil y dinámica del proyecto en sí mismo.

Fuentes de Financiación

El dinero necesario para este proyecto vendrá de la empresa misma, específicamente del flujo de caja de Maquinobras SAS y de los ahorros que han ido acumulando. Estos fondos están reservados solo para este proyecto, lo que significa que podemos llevarlo adelante sin afectar el día a día del negocio ni tener que pedir dinero a otras empresas o personas.

Tabla 15. Fuentes de financiación

Fuente de financiación	Porcentaje	Valor estimado (COP)
Recursos propios (empresa)	100%	\$216.800.000
Créditos o préstamos externos	0%	\$0
Total inversión requerida	100%	\$216.800.000

Fuente: Construcción del autor.

Costo de Capital

La tasa que se utiliza será la referencia para calcular descuentos en los escenarios financieros, y también servirá para estimar el valor neto actual y la ganancia total que se obtiene de una inversión. En este proyecto se utilizaron únicamente recursos propios, por lo que no hay deudas ni intereses que pagar. Esto significa que no es necesario considerar tasas de interés o tasas de retorno para terceros. Sin embargo, al analizar los aspectos financieros del proyecto, se tomó una tasa de oportunidad del 7% anual. Esto se refiere al rendimiento mínimo que se espera del capital invertido, que está en línea con lo que se esperaría de proyectos con bajo riesgo en este sector. Esta tasa de oportunidad es una forma de medir la rentabilidad del proyecto.

Uso de Fondos

Se estima que los \$216.800.000 COP invertidos serán asignados de forma eficaz en las áreas clave para llevar a cabo el proyecto, con la salvedad de que esto no incluye activos previamente adquiridos ni recursos operativos que ya están integrados en la estructura de la empresa.

Tabla 16. Uso de fondos

Concepto	Valor estimado (COP)
Capital de trabajo inicial (3 meses)	\$151.800.000
Acondicionamiento de zona de mantenimiento	\$12.000.000
Herramientas de mantenimiento y repuestos	\$8.000.000
Publicidad y fortalecimiento en redes	\$4.000.000
Costos administrativos y legales puntuales	\$3.000.000
Formación y actualización técnica interna	\$5.000.000
Total inversión estimada	\$216.800.000

Fuente: Construcción del autor.

Con su estrategia financiera centrada en recursos propios, Maquinobras SAS logra reducir los riesgos financieros y mantener el control total del proyecto. Esto les deja la libertad de invertir las ganancias futuras en mejoras progresivas, como la incorporación de otro técnico mecánico en el futuro si el crecimiento del parque de maquinaria hace que sea necesario.

2.3.4. Flujo de Caja del Proyecto

El flujo de caja previsto sirve para determinar si hay suficientes fondos para cubrir los gastos operativos y recuperar la inversión inicial. Esto se logra al relacionar la gestión de costos

con la viabilidad financiera del proyecto. Para hacer la estimación, se consideraron los supuestos establecidos en los puntos 2.3.1 a 2.3.3, junto con las siguientes premisas económicas generales y específicas que se ajustan a las normas colombianas actuales:

- Horizonte de evaluación: cinco años (Año 0 = puesta en marcha).
- Ingresos operacionales (Año 1): COP 1.041.000.000, derivados del pronóstico de ventas (sección 2.1.5). Se supone un crecimiento real anual del 3%, coherente con la meta de inflación estructural del Banco de la República (BR, 2025).
- Costos operativos y administrativos (Año 1): COP 554.400.000, con la misma tasa de crecimiento del 3%.
- Depreciación: COP 45.600.000 anuales, calculada en línea recta sobre los activos incorporados (NIC 16; Superintendencia de Sociedades, 2024).
- Impuesto de renta: 35% sobre la utilidad antes de impuestos, según el Estatuto Tributario (DIAN, 2025).
- Inversión inicial: COP 216.800.000 (numeral 2.3.1).
- Capital de trabajo: COP 151.800.000 desembolsado en el Año 0 y recuperado al cierre del Año 5, conforme a la metodología de Ley 80 de 1993 y su reglamentario Decreto 1082 de 2015, que exigen liquidez para el cumplimiento oportuno de obligaciones contractuales públicas.

Tabla 17. Flujo de caja nominal del proyecto (valores en miles de COP)

Año	Ingresos	Costos	EBIT*	Impuesto (35 %)	Utilidad neta	Depreciación	Flujo neto operativo	Inversión / recuperación	Flujo de caja
0	—	—	—	—	—	—	—	-368.600	-
1	1.041.000	554.400	441.000	154.350	286.650	45.600	332.250	—	332.250
2	1.072.230	571.032	455.598	159.459	296.139	45.600	341.739	—	341.739
3	1.104.397	588.163	470.634	164.723	305.911	45.600	351.512	—	351.512
4	1.137.529	605.808	486.121	170.142	315.979	45.600	361.579	—	361.579
5	1.171.655	623.982	502.073	175.725	326.348	45.600	371.947	+151.800	523.747

Fuente: Construcción del autor.

*EBIT: Earnings Before Interest and Taxes (utilidad operativa antes de impuestos).

- Giro inicial negativo: El desembolso de COP 368.600.000 en el Año 0 (inversión fija + capital de trabajo) representa la salida inicial de efectivo requerida para habilitar la operación.
- Sostenibilidad operativa: A partir del Año 1 el flujo de caja se vuelve positivo (COP 332.250.000) y crece de forma estable, evidenciando la capacidad del proyecto para cubrir costos, tributos y generar excedentes líquidos.
- Recuperación de capital de trabajo: La entrada adicional de COP 151.800.000 en el Año 5 corresponde a la liberación del capital de trabajo, de acuerdo con la buena práctica de reversión contable al cierre del horizonte de planeación.
- Respaldo contractual: Los excedentes previstos aseguran la liquidez necesaria para honrar cronogramas de pagos a proveedores y Estado, en consonancia con las cláusulas de equilibrio financiero exigidas por Ley 80 de 1993 y Decreto 1082 de 2015.

La consolidación precedente servirá como base para los estados proyectados (numeral 2.3.5) y para la evaluación de indicadores de rentabilidad (numeral 2.3.8).

2.3.5. Proyección de Estados Financieros del Proyecto

Con base en la información sobre costos que se detalla en los puntos 2.3.1 a 2.3.4, donde se combina la gestión de costos con la gestión financiera, se han preparado los estados financieros pro forma para los próximos cinco años del proyecto titulado “Gestión de Maquinaria Pesada: Reducción de Riesgos Operativos y Tiempos Muertos no Planificados en Proyectos de Construcción”, cuyo objetivo es reducir los riesgos en operaciones y minimizar los tiempos muertos no planificados en proyectos de construcción.

Supuestos sintéticos:

- Vida útil contable de los activos fijos: 5 años, depreciación lineal (20% anual) sobre un valor depreciable de COP 228.000.000.
- Recuperación completa del capital de trabajo (COP 151.800.000) al cierre del Año 5.
- Crecimiento real de ingresos y costos: 3% anual (meta de inflación estructural del Banco de la República).
- Tasa efectiva del impuesto de renta: 35% (Estatuto Tributario, art. 240, DIAN, 2025).
- Financiamiento 100% con aportes de capital (sin pasivo financiero).

a) Presupuesto de Tesorería (valores en miles de COP)

Tabla 18. Presupuesto de Tesorería (valores en miles de COP)

Año	Saldo inicial	Flujo neto operativo	Recuperación C. trabajo	Saldo final
0	0	—	—	0*
1	0	332.250	—	332.250
2	332.250	341.739	—	673.989
3	673.989	351.512	—	1.025.501
4	1.025.501	361.579	—	1.387.080
5	1.387.080	371.947	+151.800	1.910.827

Fuente: Construcción del autor.

*El egreso inicial por inversión (COP 379.800.000) se compensa con el aporte de capital de los patrocinadores, de modo que el saldo operativo parte de cero.

b) Estado de Resultados Proyectado (miles de COP)

Tabla 19. Estado de Resultados Proyectado (miles de COP)

Año	Ingresos	Costos operativos	Depreciación	EBIT	Impuesto (35 %)	Utilidad neta
1	1.041.000	554.400	45.600	441.000	154.350	286.650
2	1.072.230	571.032	45.600	455.598	159.459	296.139
3	1.104.397	588.163	45.600	470.634	164.723	305.911

Año	Ingresos	Costos operativos	Depreciación	EBIT	Impuesto (35 %)	Utilidad neta
4	1.137.529	605.808	45.600	486.121	170.142	315.979
5	1.171.655	623.982	45.600	502.073	175.725	326.348

Fuente: Construcción del autor.

c) Balance General Proforma (miles de COP)

Tabla 20. Balance General Proforma (miles de COP)

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Activo corriente						
- Efectivo	0	332.250	673.989	1.025.501	1.387.080	1.910.827
- Capital de trabajo neto	151.800	151.800	151.800	151.800	151.800	—
Total activo corriente	151.800	484.050	825.789	1.177.301	1.538.880	1.910.827
Propiedad, planta y equipo (neto)	228.000	182.400	136.800	91.200	45.600	—
Total activos	379.800	666.450	962.589	1.268.501	1.584.480	1.910.827
Pasivo total	—	—	—	—	—	—
Patrimonio	379.800	666.450	962.589	1.268.501	1.584.480	1.910.827

Fuente: Construcción del autor.

El aumento del patrimonio se debe a las ganancias que se mantienen en la empresa, ya que no se tienen previstos pagos de dividendos en el plazo de planificación que se ha fijado.

La vida útil y la tasa lineal de depreciación cumplen el párrafo 17.23 del IFRS for SMEs (IASB, 2015) y el Anexo 2 del Decreto 2420 de 2015 en Colombia.

La recuperación del capital de trabajo se registra como un incremento de efectivo y la cancelación del activo corriente en el Año 5, garantizando la reversión contable de recursos de corto plazo, conforme al IFRS for SMEs y al Decreto 2420 de 2015 en Colombia.

- **Liquidez:** La situación financiera ha experimentado un importante avance, especialmente en términos de liquidez. Ahora, el saldo de caja ha aumentado significativamente, pasando de cifras muy bajas a alcanzar COP 1,91 miles de millones. Esto ofrece un sólido colchón para enfrentar posibles contingencias y hacer frente a futuras expansiones.
- **Rentabilidad operativa:** La rentabilidad operativa resulta bastante satisfactoria, considerando que el margen neto promedio está alrededor del 27 por ciento. Este

dato respalda la idea de que las prácticas de mantenimiento preventivo y la gestión de riesgos han surtido el efecto deseado, tal como se indicaba en el plan general del proyecto.

- Solidez patrimonial: La estabilidad financiera se debe en parte a la política de no endeudamiento, esto ayuda a evitar la exposición a riesgos financieros y de tipo de cambio. Así, la empresa puede tomar decisiones con tranquilidad, enfocándose en entregar valor duradero y sostenible, en lugar de verse obligada a preocuparse por el servicio de deuda. De esta manera, se reduce la incertidumbre económica y se promueve un crecimiento más sólido a largo plazo.
- Recuperación de activos: Al final del quinto año, el valor contable de los equipos se habrá amortizado por completo. Esto abre la posibilidad de reemplazarlos con tecnología más avanzada y financiar ese cambio con los recursos disponibles de la tesorería.

2.3.6. Determinación del Flujo de Caja Neto del Proyecto

Para crear un flujo de caja neto del proyecto, se empieza con la línea base de costos y se tienen en cuenta los ingresos esperados y las reservas. Luego, se supervisa de forma regular este flujo para ayudar en la toma de decisiones. El flujo de caja neto considera todos los movimientos de efectivo importantes para evaluar económicamente una inversión. Siguiendo la metodología clásica de valoración de proyectos, como se describe en el trabajo de Damodaran (2020), la planificación y medición del desempeño financiero se llevan a cabo dentro de los ámbitos de planificación y seguimiento. Esto se logra con el apoyo de diversos modelos, métodos y herramientas, como el análisis financiero y la gestión del valor obtenido. Se calculó así:

$$FCN_t = FNO_t + Recuperación CT_t + Valor residual neto_t - CAPEX_t$$

Donde:

- $FNO = \text{Utilidad neta} + \text{Depreciación}$ (no genera salida de caja).
- $\text{Recuperación CT} = \text{Capital de trabajo liberado}$ (Año 5).
- $\text{Valor residual neto} = \text{Valor de rescate después de impuestos de los activos fijos}$.
- $CAPEX = \text{Desembolsos de inversión inicial}$ (Año 0).

Tabla 21. Supuestos adicionales:

Variable	Valor adoptado	Sustento técnico
Valor de rescate bruto (Año 5)	55% del costo histórico de equipos ($\approx$ COP 125.400 M)	Promedio conservador de los premios <i>Highest Retained Value Awards</i> de EquipmentWatch para excavadoras y compactadores (50,8%–61,5%).
Impuesto por recuperación de depreciación	35% (tarifa DIAN 2025).	Estatuto Tributario, art. 240.
Valor residual neto (VRN)	$VRN = 125.400 \text{ M} \times (1 - 0,35) = \text{COP } 81.510 \text{ M}$.	NIC 16 y IFRS for SMEs, párr. 17.23.

Fuente: Construcción del autor.

Tabla 22. Flujo de caja neto del proyecto (valores en miles de COP)

Año	FNO	Recuperación CT	Valor residual neto	Inversión/ CAPEX	FCN
0	—	—	—	–368.600	–368.600
1	332.250	—	—	—	332.250
2	341.739	—	—	—	341.739
3	351.512	—	—	—	351.512
4	361.579	—	—	—	361.579
5	371.947	+151.800	+81.510	—	605.257

Fuente: Construcción del autor.

- Flujo neto operativo (FNO). Se tomó del numeral 2.3.4: Utilidad neta + Depreciación.
- CAPEX inicial. Suma de inversión en equipos (COP 216.800 M) y capital de trabajo (COP 151.800 M) desembolsada en el Año 0.

- c) Recuperación del capital de trabajo. Entrada de efectivo en el Año 5, al liquidar cuentas por cobrar y existencias (Ley 80/1993; Decreto 1082/2015).
- d) Valor residual neto.
 - a. Se estimó un 55% de retención de valor a 5 años, alineado con los rangos publicados por EquipmentWatch.
 - b. Al ser la base contable totalmente depreciada, la totalidad del valor de rescate se considera ingreso gravable; se aplicó la tasa del 35% para obtener el VRN.
- e) Construcción del vector de FCN. Se sumaron/restaron los componentes anteriores año a año para obtener el flujo neto utilizado en la valoración (a emplear en 2.3.7 para VPN, TIR y PRI).

Recuperación del desembolso inicial: El FCN se vuelve positivo desde el Año 1, evidenciando la autofinanciación del proyecto.

Relevancia del valor residual: El ingreso neto de COP 81.510 M en el Año 5 incrementa en 22% el flujo de caja de cierre, mejorando los indicadores de rentabilidad.

Coherencia con normas contables y fiscales: La empresa se ajusta a las normas contables y fiscales en lo que respecta a la depreciación de sus activos, impuestos y el manejo del capital de trabajo. Los métodos que utiliza para depreciar sus bienes son transparentes y siguen las pautas establecidas por las Normas Internacionales de Información Financiera para Pequeñas y Medianas Empresas, así como la legislación colombiana vigente. De esta manera, se garantiza que la información financiera sea comparable y pueda rastrearse con facilidad, brindando una visión clara y confiable de la situación financiera de la empresa.

2.3.7. Determinación Tasa de Descuento del Proyecto

En este caso, como no hay deuda involucrada, lo que importa es el costo del patrimonio. El WACC se simplifica a la tasa de costo del patrimonio, también conocida como K_e , que refleja el retorno que los propietarios podrían obtener con inversiones alternativas de similar riesgo. Esta tasa es fundamental para evaluar la factibilidad de proyectos cuando el financiamiento proviene íntegramente de los accionistas. Según lo que indican los expertos en finanzas corporativas, como Brealey, Myers y Allen (2020), y también Berk y DeMarzo (2020), todos ellos en trabajos publicados en 2020, además de Koller, Goedhart y Wessels (2020), en el mismo año, para determinar la tasa de descuento hay que considerar principalmente dos factores clave: el costo de oportunidad del capital y el nivel de riesgo asociado a un proyecto específico. En la realidad práctica, para estimar esta tasa suelen utilizar el costo promedio ponderado de capital, conocido por sus siglas en inglés como WACC, o alguna otra tasa que sea consistente con el tipo de flujo relacionado, ya sea del proyecto mismo o de los accionistas involucrados. Esto busca garantizar que la evaluación de un proyecto sea lo más precisa y realista posible.

a) Modelo seleccionado

Se aplicó el CAPM ajustado para riesgo país (Damodaran, 2025):

$$K_e = R_f + \beta * (ERP_{EEUU} + CRP)$$

Donde:

Tabla 23. CAPM

Parámetro	Fuente	Valor
R_f – Tasa libre de riesgo en COP	Rendimiento TES tasa fija 8 años (26 nov 2025)	8,206%
β – Beta sectorial apalancada	“Construction Supplies”, base 46 empresas (Damodaran, ene 2025)	1,29
ERP_{EEUU} – Prima de mercado madura	Implied ERP EE. UU. (Damodaran, 2025)	4,33%

Parámetro	Fuente	Valor
CRP – Prima de riesgo país Colombia	Riesgo soberano vs. Alemania (5 ago 2025)	9,07%

Fuente: Construcción del autor.

b) Cálculo paso a paso

a. Prima total de mercado local

$$ERP_{COL} = ERP_{EEUU} + CRP = 4,33\% + 9,07\% = 13,40\%$$

b. Costo de patrimonio

$$K_e = 8,206\% + 1,29 * 13,40\% = 8,206\% + 17,286\% \approx 25,49\%$$

c. Redondeo gerencial

Se estableció una tasa nominal del 26% para tener un margen de seguridad ante los vaivenes del mercado y seguir la línea de lo que se ha visto hasta ahora, que es un poco más del 21,9% en costo de patrimonio en medianas empresas en Colombia, según datos de Corficolombiana (2025).

Resultado

$$K_e = W ACC = 26\% \text{ nominal en COP}$$

c) Validación y sensibilidad

Tabla 24. Validación y sensibilidad

Escenario	Rf (±50 pb)	CRP (±100 pb)	Ke resultante
Optimista	7,7 %	8,1 %	23,0 %
Base (adoptado)	8,2 %	9,1 %	26,0 %
Conservador	8,7 %	10,1 %	28,9 %

Fuente: Construcción del autor.

La tasa del 26% se sitúa en la banda media, equilibrando riesgo operativo alto (maquinaria pesada en construcción) y el contexto macro colombiano.

d) Alineación con la gestión del proyecto

- Planeación de costos: el K_e seleccionado servirá para descontar los flujos de caja netos (2.3.6) en la evaluación de VPN, TIR y PRI (2.3.8).
- Gestión de riesgos: La gestión de riesgos pasa por tener en cuenta cuestiones como la inflación, los cambios bruscos en el valor de las monedas o la estabilidad de las instituciones, ya que estos factores afectan directamente la cantidad de dinero disponible y, en consecuencia, la creación de una reserva para cubrir imprevistos.
- Trazabilidad normativa: el uso de TES como proxy de R_f cumple los criterios de moneda y plazo homogéneos exigidos por las NIIF para Pymes (IASB, 2015) al valorar contratos públicos en COP.

2.3.8. Evaluación Financiera del Proyecto

VPN, TIR, índice beneficio-costo y punto de equilibrio

Tabla 25. VPN, TIR, índice beneficio-costo y punto de equilibrio

Indicador	Resultado	Interpretación
Valor Presente Neto (VPN) $i=26\%$	COP 620.110.000	Valor positivo: el proyecto genera riqueza superior al costo de oportunidad del capital propio.
Tasa Interna de Retorno (TIR)	91,1%	Supera ampliamente la tasa de descuento (26%), confirmando alta rentabilidad ajustada por riesgo.
Índice Beneficio-Costo (B/C)	2,68	Por cada peso invertido se generan 2,68 pesos de valor presente.
Pay-back simple	1,11 años (≈ 13 meses)	La inversión se recupera al primer trimestre del segundo año operativo.
Pay-back descontado	2,49 años (≈ 2 años 6 meses)	Momento en que los flujos descontados igualan el desembolso inicial.
Año de punto de equilibrio	Año 2	Desde el segundo año las utilidades acumuladas (sin descontar) superan la inversión.

Fuente: Construcción del autor.

Procedimiento de cálculo

a) Vector de flujos de caja netos (FCN)

$[-368.600; 332.250; 341.739; 351.512; 361.579; 605.257]$ (miles de COP)

b) VPN

$$VPN = \sum_{t=0}^5 \frac{FCN_t}{(1 + 0,26)^t} = COP 620.110 \text{ mil}$$

c) TIR

Se resolvió $\sum_{t=0}^5 \frac{FCN_t}{(1+TIR)^t} = 0$ mediante el método de Newton-Raphson, obteniéndose

91,1%.

d) Índice beneficio-costo (B/C)

$$\frac{B}{C} = \frac{PV \text{ beneficios}}{PV \text{ costos}} = \frac{988.710}{368.600} = 2,68$$

(beneficios: FCN positivos; costos: desembolso inicial).

e) Pay-back

Simple: la suma acumulada de flujos sin descontar cambia de signo entre los años 1 y 2.

$$\frac{36.350}{341.739} = 0,11 \text{ años} \rightarrow 1,11 \text{ años}$$

Descontado: los flujos descontados acumulan cero al 2, 49.º año.

- Solidez económica. El VPN de COP 0,62 miles de millones y un B/C > 1 muestran que el proyecto contribuye sustancialmente al valor de la empresa.
- Alto margen de seguridad. La TIR triplica la tasa mínima aceptable ($K_e = 26\%$), ofreciendo holgura ante variaciones de mercado o sobrecostos.
- Liquidez temprana. El retorno del capital desembolsado ocurre antes de la mitad del horizonte de planeación (pay-back simple ≈ 13 meses), lo que facilita la reinversión de excedentes o el financiamiento de expansiones.

- Los resultados se basan en el FCN construido conforme a la línea base de costos (2.3.4-2.3.6) y utilizan la tasa de descuento derivada del CAPM ajustado (2.3.7), cumpliendo la integración Cost → Financing → Value alineado con el énfasis del Standard en medición del desempeño y entrega de valor.

El proyecto muestra ahora que es financieramente sólido, gracias a estos indicadores. Por tanto, está justificado dar el siguiente paso y comenzar a trabajar en la fase de ejecución. Sin embargo, es importante seguir estando atentos a cualquier riesgo que pueda surgir en el panorama económico y tener la disciplina necesaria para mantener todo en orden, así se podrán mantener los resultados que se han previsto.

2.3.9. Análisis de Sensibilidad y Planes de Contingencia

La capacidad de evaluar el impacto financiero es fundamental. Saber qué factores pueden afectar significativamente el valor de un proyecto es crucial. Esto se concreta en dos conceptos clave: el Valor Presente Neto y la Tasa Interna de Retorno. Al entender estas variables, se puede formular una estrategia sólida para manejar el riesgo, ajustándose a los estándares establecidos por la ISO 31000 (2018).

a) Variables críticas analizadas

Tabla 26. Variables críticas analizadas

Código	Variable clave	Rango testado	Justificación de riesgo
V1	Crecimiento real de ingresos	1% – 5% anual	Incertidumbre en demanda de alquiler y tarifas del mercado local.
V2	Incremento real de costos OPEX	2% – 5% anual	Variabilidad de combustibles, repuestos y mano de obra especializada.
V3	Tasa de descuento (Ke)	26% – 30%	Sensibilidad a shocks macro (riesgo país, TES).
V4	Excedente de CAPEX	± 15% sobre el costo previsto	Posibles ajustes de importación y tipo de cambio.
V5	Valor residual neto a 5 años	45% – 65% del costo histórico	Ciclo de vida técnico-económico de la maquinaria.

Fuente: Construcción del autor.

b) Escenarios simulados (miles de COP)

Tabla 27. Escenarios simulados (miles de COP)

Escenario	Supuestos modificados	VPN (26%)	TIR	Variación vs base
Base	V1 = 3%; V2 = 3%; VRN = 55%; Ke = 26%	620 110	91,1%	—
Optimista	V1 = 5%; V2 = 2%; VRN = 65%	716 291	100,5%	+15% VPN
Pesimista	V1 = 1%; V2 = 5%; VRN = 45%	478 249	76,9%	-23% VPN
Ke alto	Ke = 30% (resto variables base)	538 798	91,1%*	-13% VPN

Fuente: Construcción del autor.

*La TIR no varía al modificar únicamente la tasa de descuento.

Al final, todos los escenarios que se analizaron tienen un valor presente neto mayor que cero. Lo que llama la atención es que las variaciones en los ingresos y los costos explican cerca del 72% de las diferencias en el valor presente neto. Esto sugiere que pequeños cambios en estos factores pueden tener un gran impacto. El factor que menos influencia tiene es la tasa de descuento. Lo que debilita más el proyecto son los cambios en la demanda y los costos, no así las fluctuaciones en el valor residual.

c) Planes de contingencia y respuestas al riesgo

Tabla 28. Planes de contingencia y respuestas al riesgo

Riesgo gatillador	Señal de alerta	Estrategia de respuesta	Plan de contingencia operacional
Caída de ingresos $\geq$ 10% (V1)	Ocupación < 70% durante 2 meses	<i>Mitigar:</i> diversificar portafolio de clientes	Descuentos temporales, contratos marco con constructores urbanos, alianzas con arrendadores regionales.
Aumento de costos OPEX $\geq$ 10% (V2)	Índice de piezas críticas supera presupuesto trimestral	<i>Mitigar:</i> control predictivo de mantenimiento	Activar pólizas de mantenimiento extendido, compras consolidadas vía ACOPI para repuestos, ajuste automático de tarifas con cláusula de escalación.

Riesgo gatillador	Señal de alerta	Estrategia de respuesta	Plan de contingencia operacional
Ke $\geq$ 30% (V3)	Riesgo país > 600 pb o TES 8 años > 9%	<i>Transferir:</i> cobertura financiera	Opción de leasing operativo con cuota fija en COP, negociación de factoring de contratos.
CAPEX +15% (V4)	Dólar TRM > COP 4.700 al cierre de licitación	<i>Aceptar con reserva:</i> presupuesto de contingencia 10%	Reprogramar importación, sustituir proveedor por distribuidor local con pago en COP, diferir compra de implementos no críticos.
Valor residual < 45% (V5)	Tendencia de mercado de venta de usados a la baja > 15%	<i>Mitigar:</i> conservación y políticas de reemplazo	Intensificar mantenimiento cosmético, programar venta anticipada en subasta Ritchie Bros., explorar repotenciación para segundo ciclo de uso.

Fuente: Construcción del autor.

d) Seguimiento y revisión

a. Indicadores de control

- i. Ratio ingresos/maquinaria-hora (mensual).
- ii. Costo de mantenimiento por hora operativa (mensual).
- iii. Beta soberana y spread EMBI Colombia (quincenal).

b. Revisión de riesgos

Ejecutar Risk Review Meetings cada trimestre; actualizar matriz de probabilidad-impacto y recalcular VPN en caso de desviaciones > 5%.

c. Reservas de gestión

Mantener un fondo de contingencia de 10% del CAPEX y 5% del OPEX anual, liberado por el Change Control Board cuando se activen los planes anteriores.

2.4. Estudio Social y Ambiental

2.4.1. Definición del Impacto Social y Ambiental

El impacto social y ambiental se entiende como cualquier cambio —positivo o negativo, directo o indirecto— sobre las personas, las comunidades y los componentes físicos, bióticos y culturales del entorno que se deriva de la ejecución y operación del proyecto de gestión de maquinaria pesada. Este concepto, consagrado en la legislación colombiana (Ley 99 de 1993, art. 1) y desarrollado por la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales (MGEPEA) del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, obliga a identificar, valorar y gestionar dichos efectos a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Marco normativo y referencial

- Régimen ambiental colombiano. La Ley 99 de 1993 marcó un punto clave en el régimen ambiental colombiano. Con esta ley, se creó el Sistema Nacional Ambiental, conocido como SINA, y se estableció la evaluación de impacto ambiental como paso necesario para cualquier proyecto. Esto quería decir que, antes de comenzar un proyecto, era obligatorio hacer un estudio detallado sobre cómo podría afectar el medio ambiente. Con el paso del tiempo, se fueron sumando más regulaciones para tratar de ordenar y uniformar todo este proceso. Específicamente, el Decreto 1076 de 2015 vino a unificar la forma en que se conceden licencias y permisos para diferentes tipos de proyectos, definir qué proyectos necesitaban evaluaciones más estrictas y quién era responsable de realizarlas, especialmente cuando se trataba de infraestructura o maquinaria pesada.

- Estándares internacionales. En materia de estándares internacionales, el Marco Ambiental y Social del Banco Mundial, que consta de diez normas fundamentales (ESS 1-10), destaca la importancia de gestionar de manera integral los riesgos para proteger adecuadamente tanto a las comunidades y partes interesadas como a los delicados ecosistemas. Por otro lado, las Normas de Desempeño de la Corporación Financiera Internacional, que abarcan ocho sectores clave (PS 1-8), ofrecen directrices precisas respecto a cuestiones fundamentales como las prácticas laborales, la salud, la seguridad y la preservación de la biodiversidad.
- Seguridad y salud en el trabajo (SST). En materia de seguridad y salud en el trabajo, el proyecto se ajusta al Decreto 1072 de 2015, que exige implementar un Sistema de Gestión para todos los trabajadores y contratistas. Esto se complementa con el Código de Prácticas recomendado por la OIT para el sector de la construcción, específicamente la versión del año 2022.

Dimensión ambiental

Los impactos ambientales potenciales de las actividades de movimiento de tierra, operación de excavadoras y vibro compactadores se clasifican preliminarmente así:

- a) Calidad del aire y emisiones. Material particulado ($PM_{10}/PM_{2.5}$) y NO_x provenientes de combustión diésel.
- b) Ruido y vibraciones. Niveles sonoros continuos > 85 dB(A) en frentes de operación que pueden afectar fauna y comunidades colindantes.
- c) Suelo y geodinámica. Compactación excesiva y riesgo de contaminación por hidrocarburos durante mantenimientos.

- d) Recurso hídrico. Aporte de aceites y sedimentos a cuerpos de agua en época de lluvias.
- e) Biodiversidad. Pérdida temporal de cobertura vegetal y desplazamiento de especies en zonas intervenidas.

Cuando se considere cada efecto, se valorará de acuerdo a un enfoque que tome en cuenta varios factores clave. Por un lado, estará la magnitud del efecto, es decir, qué tan grande es su impacto. También se considerará su extensión, es decir, cuánto se extiende o alcanza. La duración del efecto también es importante, ya que algunos pueden ser temporales mientras que otros son más permanentes. Otro aspecto a considerar es la reversibilidad, o qué tan fácil o difícil es revertir el efecto una vez que ha ocurrido. Finalmente, la frecuencia también juega un papel, es decir, con qué regularidad ocurren estos efectos. Al considerar todos estos factores, se pueden priorizar acciones específicas que ayuden a prevenir, mitigar o compensar los efectos negativos.

Dimensión social

Los impactos sociales se agrupan en dos esferas:

- Interna (capital humano). Niveles de accidentalidad laboral, exposición a vibraciones de cuerpo entero y estabilidad del empleo.
- Externa (comunidad y partes interesadas). Percepción de ruido, tránsito de maquinaria en vías locales, oportunidades de empleo y contratación de proveedores locales.

La importancia de algo se mide por tres cosas: cuánta gente se ve afectada, lo intenso que es el impacto y lo sensible o vulnerable que sea el grupo al que afecta. Esto se hace siguiendo las reglas de que las personas deben estar informadas y ser parte del proceso, y respetando sus derechos, como dice el ESS 10 del Banco Mundial.

Enfoque de gestión integrada

Este sistema de gestión ambiental y social se ha diseñado para trabajar en conjunto con la estructura de riesgos del proyecto. De esta manera, se garantiza que los impactos identificados sean objeto de monitorización, reportes y control a través de indicadores clave de desempeño ambiental, como las emisiones, el consumo de combustible y los incidentes ambientales, así como indicadores sociales, incluyendo índices de frecuencia de lesiones, porcentaje de mano de obra local y encuestas que miden la aceptación comunitaria. La mezcla de normas locales, como la Ley 99 del 93 y el Decreto 1076 del 2015, con directrices a nivel internacional procedentes del IFC y el Banco Mundial, junto con los lineamientos sobre seguridad y salud en el trabajo, hace que el proyecto incluya un sistema integral para gestionar tanto el impacto ambiental como el social, alineado con lo que se considera el estándar más alto a nivel global.

2.4.2. Análisis, Descripción y Categorización de Beneficios y Costos Sociales. Balance Social

Para evaluar el proyecto, se realizó un análisis que sopesara los costos y los beneficios para la sociedad en general. Esto se hizo de acuerdo con la metodología recomendada por el Departamento Nacional de Planeación en el año 2020 y siguiendo las pautas establecidas en la norma ISO 26000 del año 2010, que trata sobre la responsabilidad social. El objetivo principal es evaluar cómo la gestión de maquinaria pesada afecta a los diferentes grupos involucrados, tanto dentro como fuera de la empresa. Se busca medir y comparar los efectos positivos y negativos de esta gestión en sus distintos grupos de interés. El objetivo final es crear un balance social que complete la evaluación financiera y el análisis de impactos, lo que nos permitirá tener una visión más completa de nuestras acciones.

a) Criterios de clasificación

Tabla 29. Criterios de clasificación

Dimensión	Categorías aplicadas	Alcance de la valoración
Tipo de efecto	Beneficio / Costo	Signo del impacto social
Naturaleza	Tangible (monetizable) / Intangible (no monetizable)	Determina si se expresa en pesos o en magnitudes cualitativas
Plazo	Corto (≤ 2 años) / Mediano (3-5 años) / Largo (> 5 años)	Coherente con el horizonte del proyecto
Cobertura	Interno (personal, contratistas) / Externo (comunidades, proveedores, Estado)	Facilita la asignación de responsables

Fuente: Construcción del autor.

b) Beneficios sociales identificados

Tabla 30. Beneficios sociales identificados

Código	Beneficio	Naturaleza	Plazo	Población beneficiada	Indicador propuesto
B1	Empleo directo de operadores, mecánicos y logística	Tangible	Corto–mediano	14 puestos anuales promedio	Nº empleos creados (FTE)
B2	Generación de ingresos fiscales (retenciones, IVA, industria y comercio)	Tangible	Mediano	Municipio de Granada y Nación	COP recaudados/año
B3	Transferencia de capacidades técnicas en mantenimiento predictivo	Intangible	Largo	Mano de obra local	Nº horas de capacitación / año
B4	Dinamización de la economía local vía compras a proveedores de repuestos, combustibles y servicios	Tangible	Mediano	> 20 pymes de Meta	% de compras con proveedor local
B5	Reducción de tiempos muertos en proyectos de infraestructura pública	Intangible	Largo	Comunidades usuarias de las vías	Δ días de retraso evitados

Fuente: Construcción del autor.

c) Costos sociales identificados

Tabla 31. Costos sociales identificados

Código	Costo	Naturaleza	Plazo	Afectados	Indicador propuesto
C1	Accidentalidad laboral y enfermedades osteomusculares	Tangible	Corto–largo	Empleados	Índice de frecuencia de lesiones dB(A)
C2	Aumento de niveles de ruido y vibraciones en zonas habitadas	Intangible	Corto	Comunidades colindantes	promedio > norma
C3	Congestión vial temporal por tránsito de maquinaria	Intangible	Corto	Usuarios de vías locales	Nº quejas registradas
C4	Percepción negativa por emisiones visibles de diésel	Intangible	Corto–mediano	Comunidades y autoridades ambientales	Nº reportes ciudadanos
C5	Riesgo de pérdida de empleo al finalizar contratos	Tangible	Largo	Operarios eventuales	Tasa de rotación post-proyecto

Fuente: Construcción del autor.

d) Balance social preliminar

Tabla 32. Balance social preliminar

Grupo de interés	Beneficios clave (códigos)	Costos clave (códigos)	Resultado neto esperado*
Empleados y contratistas	B1, B3	C1, C5	Positivo: creación de empleo formal y formación supera riesgos, siempre que se ejecute el SG-SST.
Proveedores locales	B4	—	Alto positivo: incremento sostenido de facturación.
Clientes/Contratistas de obra	B5	—	Positivo: menores tiempos de ejecución.
Comunidad vecina	—	C2, C3, C4	Levemente negativo mitigable con controles de ruido y logística nocturna.
Estado (fiscal y regulador)	B2	—	Positivo: aumento de recaudo y cumplimiento regulatorio.

Fuente: Construcción del autor.

*Evaluación cualitativa tras ponderar magnitud, duración y nº de beneficiarios/afectados.

e) Implicaciones de gestión

- a. Maximizar beneficios: formalizar un programa de formación dual (B3) en alianza con el SENA para consolidar capital humano local.
- b. Mitigar costos: ejecutar planes de contingencia ya definidos (ver 2.3.9) — especialmente en ruido (C2) y seguridad vial (C3)— y socializarlos con las Juntas de Acción Comunal.
- c. Monitoreo y reporte: incorporar los indicadores anteriores en el Sistema de Gestión Ambiental y Social (SGAS) con reportes semestrales a la autoridad ambiental y a stakeholders.
- d. Revisión periódica: realizar auditorías sociales anuales para recalibrar el balance y evidenciar mejoras ante la comunidad y financiadores.

2.4.3. Análisis, Descripción y Categorización de Beneficios y Costos Ambientales

En el afán de mejorar el equilibrio social del proyecto, se realiza una evaluación detallada de los costos y beneficios desde el punto de vista ambiental, siguiendo las directrices de la Metodología General para los Estudios Ambientales y conforme a prácticas de evaluación de ciclo de vida definidas en normas como la ISO 14001:2015. Los diferentes efectos que pueden tener un impacto ecológico son estudiados y clasificados para poder entender su posible incidencia en el proyecto. Este análisis busca proporcionar una visión completa de la situación ambiental actual del proyecto, para luego definir estrategias que permitan mitigar los riesgos y tomar decisiones informadas. Estos estudios forman parte de las consideraciones que ya han sido esbozadas en apartados anteriores del proyecto (ver 2.3.9).

- a) Criterios de clasificación

Tabla 33. Criterios de clasificación

Dimensión	Categorías aplicadas	Alcance
Tipo de efecto	Beneficio / Costo	Signo ambiental
Naturaleza	Tangible (cuantificable) / Intangible (cualitativo)	Define posibilidad de monetización
Plazo	Corto (≤ 2 años) / Mediano (3-5 años) / Largo (> 5 años)	Alineado con vida útil contable
Componente ambiental	Aire, agua, suelo, biodiversidad, paisaje	Facilita el diseño de medidas

Fuente: Construcción del autor.

b) Beneficios ambientales identificados

Tabla 34. Beneficios ambientales identificados

Código	Beneficio	Componente	Naturaleza	Plazo	Indicador propuesto
EB1	Reducción de emisiones de CO ₂ e por mantenimiento predictivo y uso eficiente de combustible	Aire	Tangible	Mediano	kg CO ₂ e/ h-operación ↓ 10% (base IDEAM, 2024)
EB2	Menor generación de residuos peligrosos por alargar intervalos de cambio de aceite con monitoreo de viscosidad	Suelo / Agua	Tangible	Corto	L aceite usado/ h-operación ↓ 15%
EB3	Reforestación de 0,5 ha en áreas intervenidas (compensación voluntaria)	Biodiversidad	Intangible	Largo	Nº plántulas nativas establecidas
EB4	Reemplazo gradual de lubricantes minerales por biodegradables (ISO 15380)	Agua / Suelo	Tangible	Mediano	% volumen de lubricante biodegradable

Fuente: Construcción del autor.

c) Costos ambientales identificados

Tabla 35. Costos ambientales identificados

Código	Costo	Componente	Naturaleza	Plazo	Indicador propuesto
EC1	Emisiones de material particulado (PM ₁₀ , PM _{2.5}) y NO _x provenientes de motores diésel	Aire	Tangible	Corto–largo	g PM/ kWh > Norma EPA Tier III
EC2	Ruido continuo > 85 dB(A) y vibraciones > 0,2 m/s ² en frentes de trabajo	Paisaje / Bienestar	Intangible	Corto	dB(A) y mm/s vs. Resolución 627/2018
EC3	Riesgo de derrames de combustibles durante abastecimiento y mantenimiento	Suelo / Agua	Tangible	Corto	Nº incidentes/año
EC4	Compactación y pérdida de estructura del suelo en áreas de tránsito pesado	Suelo	Intangible	Mediano	Índice de Penetración del Suelo (kPa) ↑
EC5	Perturbación temporal de fauna por iluminación nocturna y actividad continua	Biodiversidad	Intangible	Corto	Avistamientos ↓ / monitoreo cámara-trampa

Fuente: Construcción del autor.

d) Balance ambiental preliminar

Tabla 36. Balance ambiental preliminar

Componente	Beneficios clave	Costos clave	Resultado neto esperado*
Aire	EB1	EC1	Neutro-positivo si se cumple la meta de eficiencia de combustible.
Agua / Suelo	EB2, EB4	EC3, EC4	Equilibrio frágil ; depende de la gestión de residuos y control de derrames.
Biodiversidad	EB3	EC5	Leve positivo gracias a la compensación y monitoreo ecológico.
Paisaje / Bienestar acústico	—	EC2	Negativo mitigable con barreras acústicas y horarios restringidos.

Fuente: Construcción del autor.

*Evaluación cualitativa tras ponderar magnitud, extensión y reversibilidad.

e) Implicaciones de gestión y monitoreo

- a. Maximizar beneficios
 - Implementar plan de eficiencia energética basado en telemetría (meta: 10% menos CO₂e/ h).
 - Formalizar convenio con la Corporación Autónoma Regional (CAR) para la reforestación (EB3).
- b. Mitigar costos
 - Adoptar ISO 14001:2015 como Sistema de Gestión Ambiental (SGA) para integrarlo con el SG-SST existente.
 - Instalar bandejas de contención y kits de respuesta inmediata para EC3; capacitar operarios en manejo de sustancias peligrosas.
 - Usar silenciadores adicionales y programar actividades ruidosas en horario diurno conforme a la Resolución 627/2018 (EC2).
- c. Indicadores y reporte
 - Medir emisiones con analizadores portátiles y reportar semestralmente al IDEAM.
 - Verificar compactación de suelo con penetrómetros y, de ser necesario, realizar escariado y revegetación tras la fase constructiva.

2.4.4. Análisis Ciclo de Vida del Producto o Bien o Servicio o Resultado

En un esfuerzo por evaluar los efectos ambientales del servicio que ofrece MAQUINOBRAS SAS, desde el momento en que se inician las actividades hasta su conclusión, el análisis de ciclo de vida, o ACV, examina minuciosamente el movimiento de tierras con excavadoras sobre orugas y la compactación utilizando un vibro compactador. El objetivo principal de este análisis es Detectar áreas críticas y oportunidades de mejora. Este estudio

metodológico se basó en la secuencia establecida por las normas internacionales ISO 14040 y 14044, y contó con aplicaciones prácticas que se ajustan a las pautas de la ISO TR 14047.

Además, se calculó cuantitativamente la huella de carbono, siguiendo los estándares dictados por el documento PAS 2050 (2008). Para priorizar los impactos ambientales hallados, se empleó el método denominado Eco-Indicator 99, con una prueba denominada “H/A”.

a) Definiciones de base

Tabla 37. Definiciones de base

Elemento	Descripción
Unidad funcional (UF)	1.000 m ³ de material excavado y compactado —equivalente a un frente típico de obra vial rural.
Límites del sistema	Fabricación de la maquinaria → transporte inicial (puerto–Granada) → uso (combustible, lubricantes, repuestos) → mantenimiento → fin de vida (desmantelamiento y reciclaje 85%).
Escenarios evaluados	S₁ Base: mantenimiento correctivo + diésel convencional. S₂ Mejora: mantenimiento predictivo + diésel B20 + lubricantes biodegradables.
Fuentes de inventario	Base de datos Ecoinvent 3.9; factores de emisión IDEAM (2024); literatura sectorial (Goedkoop & Spriensma, 2001).

Fuente: Construcción del autor.

b) Resultados Eco-Indicator 99 (Pt por UF)

Tabla 38. Resultados Eco-Indicator 99 (Pt por UF)

Categoría de daño	S ₁ Base	S ₂ Mejora	Reducción (%)
Salud humana	38 Pt	29 Pt	–24%
Calidad de ecosistemas	22 Pt	17 Pt	–23%
Recursos	31 Pt	25 Pt	–19%
Total ponderado	91 Pt	71 Pt	–22%

Fuente: Construcción del autor.

El uso de combustible durante la fase operativa explica $\approx 68\%$ del daño total; las mejoras en S₂ reducen especialmente las categorías asociadas a emisiones atmosféricas y agotamiento de recursos fósiles.

c) Huella de carbono PAS 2050

Tabla 39. Huella de carbono PAS 2050

Fase	Emisiones S ₁ (kg CO ₂ e/UF)	Emisiones S ₂	Variación
Fabricación maquinaria	48,2	48,2	—
Transporte inicial	3,9	3,9	—
Uso (diésel / diésel B20)	214,5	170,3	–21 %
Mantenimiento	12,7	9,4	–26 %
Fin de vida (crédito reciclaje)	–8,6	–8,6	—
TOTAL	270,7	223,2	–17 %

Fuente: Construcción del autor.

d) Interpretación y recomendaciones

- Hot-spot operativo. En un punto crítico, los combustibles diésel tienen un gran impacto en el medio ambiente. Dos medidas clave pueden reducir estos efectos: cambiar a una mezcla de diésel y biodiésel que tenga un 20% de contenido de biomasa, y optimizar los tiempos en los que los motores están en marcha lenta. Estas acciones podrían llevar a una disminución del 17% en las emisiones de gases de efecto invernadero y hasta un 24% menos de impactos negativos en la salud humana debido a la contaminación.
- Mantenimiento predictivo. Lo interesante del mantenimiento predictivo es que permite detectar el desgaste desde el principio, lo cual reduce considerablemente el consumo de repuestos y lubricantes. Esto tiene un impacto positivo en el medio ambiente, pues logra recortar un 26% de las emisiones que genera el módulo de mantenimiento. Además, se registra una mejora en la calidad de los ecosistemas, con una reducción de 4 puntos.
- Fin de vida. Al final de la vida útil, la reutilización de materiales puede tener un impacto considerable. En el caso del acero, por ejemplo, el crédito por reciclaje puede llegar a reducir la cantidad de dióxido de carbono equivalente en unos 8,6

kilogramos por unidad funcional. Para asegurarse de que esto se hace de manera efectiva, establecer acuerdos con empresas que certifiquen el proceso de chatarrización puede ser fundamental. De esta manera, se maximiza la captura de los beneficios ambientales que se derivan de estos procesos.

- Plan de mejora continua. Para mejorar continuamente, se propone incorporar al Sistema de Gestión Ambiental (SGA), que sigue la norma ISO 14001, un indicador de eficiencia específico: la cantidad de kilogramos de dióxido de carbono equivalente por Unidad Funcional ($\text{kg CO}_2\text{e/UF}$). La meta es reducir esta cifra en un 20% antes de finalizar 2027. Como parte de este esfuerzo, se realizarán auditorías regulares sobre el consumo de combustible, apoyadas por datos precisos de telemetría.

e) Limitaciones del estudio

- Los impactos sociales no se tienen en cuenta en este contexto, sino que se examinan de manera independiente en una sección específica dedicada al balance social, como se detalla en el apartado 2.4.2. Los Inventarios secundarios Ecoinvent fueron ajustados usando factores locales del IDEAM. La calidad real del diésel y la logística en diferentes regiones pueden modificar los resultados en un margen de más o menos 10%. El hecho de utilizar el Eco-Indicator 99 conlleva un enfoque basado en ponderaciones propias de Europa. Por eso, sería muy recomendable comparar los resultados obtenidos con este método con los que se derivan de la jerarquización ofrecida por ReCiPe, especialmente si se llevan a cabo estudios en el futuro.

2.4.5. Definición de Flujo de Entradas y Salidas

Para entender realmente cómo funciona el servicio de alquiler y operación de maquinaria pesada, es fundamental mirar el flujo de materiales y energía que entra y sale de este proceso. Según lo establecido en las normas ISO 14040/44, que tratan sobre la evaluación del ciclo de vida, y considerando la forma en que se contabilizan los costos de flujo de materiales de acuerdo a la ISO 14051, se tiene que identificar qué entra y qué sale del sistema. Esto incluye desde los recursos que se utilizan hasta los residuos y emisiones que se generan. Al llevar un registro detallado de estos flujos, es posible hacer un seguimiento de cómo se están utilizando los recursos y cómo se están generando residuos y emisiones, que es básico para el seguimiento ambiental y para calcular el desempeño en cuanto a cuidado del medio ambiente.

a) Límites del sistema revisados

- Up-stream: fabricación de equipos y transporte desde puerto hasta Granada (Meta).
- Core: fase operativa (excavación y compactación), mantenimiento predictivo/correctivo y logística de abastecimiento.
- Down-stream: desmantelamiento, reciclaje y disposición final de componentes al término de la vida útil.

b) Matriz consolidada de entradas y salidas por fase

Tabla 40. Matriz consolidada de entradas y salidas por fase

Fase / Componente	Entradas principales	Salidas principales
Fabricación	Acero (t), fundición de hierro, plásticos técnicos, energía eléctrica (kWh)	Emisiones de CO ₂ e por fundición, residuos de chatarra recuperada
Transporte inicial	Combustible marítimo y diésel terrestre (L), embalaje madera (kg)	CO ₂ e, NO _x y SO _x ; residuos de embalaje (m ³)

Fase / Componente	Entradas principales	Salidas principales
Operación diaria	Diésel B20 (L), aceite hidráulico y de motor (L), electricidad taller (kWh), agua de lavado (m ³)	CO ₂ , NO _x , PM ₁₀ /PM _{2.5} ; ruido (dB); aguas oleosas; sólidos en suspensión
Mantenimiento	Filtros, repuestos metálicos y de caucho (kg), lubricantes biodegradables (L), absorbentes de derrames (kg)	Aceite usado (L, residuo peligroso), filtros contaminados (kg), chatarra de componentes (kg)
Fin de vida	Energía de desmantelamiento (kWh), insumos de corte y separación (kg)	Acero y metales no ferrosos para reciclaje (kg), residuos no reciclables (kg), crédito por reciclaje (kg CO ₂ e evitados)

Fuente: Construcción del autor.

- c) Balance de masa y energía de referencia (por unidad funcional – 1.000 m³ de material procesado)

Tabla 41. Balance de masa y energía de referencia (por unidad funcional – 1.000 m³ de material procesado)

Tipo de flujo	Valor base (S ₁)	Valor mejora (S ₂)	Fuente de datos
Combustible diésel/B20 (L)	78,5	62,3	Telemetría propia 2024
Energía eléctrica taller (kWh)	12,4	12,4	Registro contador
Aceite hidráulico/motor (L)	4,8	3,7	Manual mantenimiento fabricante
Aceite usado (L, residuo)	4,8	3,7	Factor 1:1 consumo-descarga
Emisiones CO ₂ e (kg)	270,7	223,2	Inventario IDEAM 2024
Residuos metálicos para reciclaje (kg)	6,5	6,5	Historial de repuestos

Fuente: Construcción del autor.

- d) Uso del flujo de entradas-salidas en la gestión del proyecto
- Monitoreo continuo - Para mantener un ojo en los recursos clave, cada insumo importante se conecta con un indicador principal de desempeño, por ejemplo, los litros de diésel por hora de funcionamiento del motor. Esto se informa detalladamente cada mes al sistema de gestión adecuado,

con el fin de identificar áreas donde se puedan mejorar procesos y ahorrar recursos.

- b. Contabilidad de costos ambientales – Cuando se trata de contabilidad de costos ambientales, una herramienta valiosa puede ser la integración con la norma ISO 14051. Esto permite asignar un valor económico a las pérdidas de material y energía, lo cual puede resultar fundamental para tomar decisiones informadas en cuanto al mantenimiento.
- c. Mejora continua – En el proceso de mejora continua, los datos recopilados sobre las salidas, como residuos y emisiones, desempeñan un papel crucial al alimentar los programas de mitigación descritos anteriormente (Ver 2.4.3). La priorización de acciones se basa en identificar dónde se logra el mayor impacto en relación con el costo, permitiendo así una optimización efectiva de los esfuerzos de reducción.
- d. Comunicación con partes interesadas – La comunicación con todas las partes involucradas es esencial. Cada año, se presentan los datos clave de estos flujos en el Informe de Sostenibilidad para mostrar la actuación a la comunidad, clientes y autoridades reguladoras. Esto permite el ser transparentes en lo que se hace.

2.4.6. Cálculo de Impacto Ambiental Bajo Criterios P5™

El estándar P5, creado por GPM Global, sugiere evaluar la sostenibilidad de proyectos considerando cinco áreas principales: el producto en sí, el proceso de creación, las personas involucradas, el planeta y la prosperidad. En lo que respecta al aspecto ambiental, el enfoque es en el área del planeta, que se divide en ocho categorías distintas para medir el desempeño:

emisiones, uso de energía, consumo de agua, utilización de materiales, gestión de residuos, impacto en la tierra y el paisaje, biodiversidad y uso de sustancias químicas.

Se calculó un Índice de Impacto Planet (IIP) tanto para el escenario base (S_1) como para el escenario de mejora (S_2) definido en el ACV (2.4.4), siguiendo las etapas de normalización → ponderación → agregaciones recomendadas en el P5 Impact Analysis Guide.

a) Metodología de cálculo

$$IIP = \sum_{i=1}^8 \left[\frac{V_i}{V_{i,ref}} \right] * w_i$$

V_i : valor del indicador ambiental para la unidad funcional (1.000 m³ procesados).

$V_{i,ref}$: umbral de referencia tomado de buenas prácticas sectoriales (percentil 25 de bases Ecoinvent–IDEAM).

w_i : peso relativo acordado por el comité ESG del proyecto ($\sum w = 1$).

Se adopta una escala adimensional (a menor IIP, menor impacto).

b) Indicadores y valores utilizados

Tabla 42. Indicadores y valores utilizados

Categoría (Planet)	Indicador V_i	Unidad	Valor S_1	Valor S_2	Umbral $V_{i,ref}$	Peso w_i
Emisiones	CO ₂ e operativas	kg	214,5	170,3	180	0,20
Energía	Diésel/B20	L	78,5	62,3	65	0,15
Agua	Consumo de agua de lavado	m ³	0,78	0,78	0,70	0,10
Materiales	Acero repuestos	kg	6,5	6,5	5,5	0,05
Residuos	Aceite usado	L	4,8	3,7	4,0	0,15
Tierra y Paisaje	Área compactada	m ²	2 850	2 850	2 500	0,10
Biodiversidad	Pérdida de cobertura vegetal	m ²	180	160	150	0,15
Consumibles químicos	Lubricantes minerales	% del total	100%	40%	50%	0,10

Fuente: Construcción del autor.

c) Resultado del Índice de Impacto Planet (IIP)

Tabla 43. Resultado del Índice de Impacto Planet (IIP)

Escenario	IIP (0 = óptimo)	Variación vs. S ₁
S₁ Base	1,19	—
S₂ Mejora	0,90	–24 %

Fuente: Construcción del autor.

d) Interpretación

- Reducción global del 24% en la huella ambiental al migrar de S₁ a S₂, con las mejoras más significativas en emisiones (–26%) y consumibles químicos (–60%).
- Aunque otras áreas han mejorado, las categorías Materiales y Tierra y Paisaje siguen siendo fundamentales, y dada su importancia, se aconseja prestarles especial atención, dado que su ratio es mayor que 1. Después de compactar, es fundamental llevar a cabo planes de subsolado y revegetación de inmediato. Esto ayudará a reducir los daños permanentes que se puedan causar al suelo. Al hacerlo, se promueve la recuperación del terreno afectado y se intenta mantener su integridad lo más posible. La forma en que manejan los repuestos puede mejorarse significativamente. Una estrategia clave es dar prioridad al reacondicionamiento sobre el reemplazo. Esto puede traducirse en una reducción considerable de desechos y costos. La meta es lograr una disminución del uso de acero de aproximadamente veinte kilogramos por unidad operativa para el año 2027.
- El IIP se integrará al cuadro de mando ambiental del SGA (ISO 14001) y se revisará anualmente; la meta estratégica es alcanzar un $IIP \leq 0,75$ para 2028.

2.4.7. Cálculo de Huella de Carbono

Para evaluar el impacto ambiental del servicio de alquiler y operación de maquinaria pesada, se midió la huella de carbono siguiendo las directrices del GHG Protocol Product Life-Cycle Standard y la norma ISO 14064-1 de 2018. Esto se hizo tomando como referencia el análisis de ciclo de vida presentado en una sección anterior (Ver 2.4.4) y los flujos correspondientes (Ver 2.4.5).

a) Alcance y límites

Tabla 44. Alcance y límites

Aspecto	Definición aplicada
Unidad funcional	1.000 m³ de material excavado + compactado (UF), coherente con 2.4.4.
Horizonte	5 años (vida contable del equipo).
Alcance GHG	Scope 1: combustión diésel/B20 (operación y transporte in situ). Scope 2: electricidad consumida en taller. Scope 3: fabricación maquinaria, transporte inicial, repuestos, fin de vida.
Factores de emisión	IDEAM (2024) para diésel y electricidad nacional; IPCC AR6 para upstream global.

Fuente: Construcción del autor.

b) Ecuación base

$$HC_i = \sum_j (AD_{ij} * EF_{ij})$$

AD_{ij} = dato de actividad del flujo j en fase i

EF_{ij} = factor de emisión correspondiente (kg CO₂e / unidad)

c) Resultados por unidad funcional (promedio anual)

Tabla 45. Resultados por unidad funcional (promedio anual)

Fase / Alcance	Actividad	HC base S ₁ (kg CO ₂ e)	HC mejora S ₂ (kg CO ₂ e)	Reducción
Scope 1	Combustión diésel / B20	214,5	170,3	−20,6%

Fase / Alcance	Actividad	HC base S ₁ (kg CO ₂ e)	HC mejora S ₂ (kg CO ₂ e)	Reducción
Scope 2	Electricidad taller	6,1	6,1	—
Scope 3-upstream	Fabricación maquinaria	48,2	48,2	—
Scope 3-downstream	Fin de vida (crédito reciclaje)	-8,6	-8,6	—
TOTAL UF		270,7	223,2	-17,5%

Fuente: Construcción del autor.

d) Huella total del proyecto (5 años)

Supuesto operativo: 50 UF/año ($\approx 50.000 \text{ m}^3$ de producción anual).

Tabla 46. Huella total del proyecto (5 años)

Escenario	HC anual (t CO ₂ e)	HC 5-años (t CO ₂ e)
S₁ Base	13,5	67,7
S₂ Mejora	11,2	55,8
Diferencia	-2,3	-11,9

Fuente: Construcción del autor.

e) Interpretación y pasos de gestión

- a. La dominancia del SCOPE 1, que representa el 79% del total UF, pone de relieve que el combustible es el principal punto débil. En este contexto, tanto la mezcla B20 como la reducción de ralentí han contribuido significativamente a la mejora lograda. Un aspecto importante dentro del Sistema de Gestión Ambiental es un indicador clave: la cantidad de dióxido de carbono equivalentes por unidad de financiamiento, expresada en kg CO₂e/UF. La meta para este indicador ha sido establecida en no más de 200 kg para el año 2027, lo que significa una reducción del 25% en comparación con la línea base actual. La verificación consiste en confirmar la intención de buscar la certificación ISO 14064-1 para el inventario de la organización y la certificación PAS 2060 para la

declaración de neutralidad carbono, una vez que se logre la meta deseada.

El margen residual, que es de aproximadamente 56 toneladas de dióxido de carbono equivalente en la segunda etapa, se puede contrarrestar con créditos de carbono obtenidos a nivel local. Un ejemplo de esto sería mediante la reforestación en el corredor Meta-Guaviare. De esta manera, las acciones se alinean con el compromiso de alcanzar la neutralidad climática para 2030, un objetivo que el sector de la construcción se ha fijado como meta a cumplir.

2.4.8. Estrategias de Mitigación de Impacto Ambiental

El presente plan responde al análisis de impactos (2.4.1–2.4.4) y a los resultados de huella de carbono (2.4.7). Sigue la jerarquía de gestión prevenir → reducir → substituir → compensar → restaurar, conforme a la ISO 14001:2015 y la normatividad colombiana (Ley 99/1993; Decreto 1076/2015).

Tabla 47. Estrategias de mitigación de impacto ambiental

Código	Impacto crítico (Planet P5)	Objetivo de mitigación	Estrategias clave	Responsable	Indicador/KPI	Horizonte
E-01	Emisiones (CO ₂ e, NO _x , PM)	Disminuir 20% el consumo específico de combustible a 2027	• Telemática y control de ralentí • Mezcla diésel B20 (fase piloto) • Optimización de rutas internas • Barreras acústicas móviles	Jefe de Operaciones	kg CO ₂ e/UF	2025-2027
E-02	Ruido y vibraciones	Cumplir Resol. 627/2018 a 50 m del frente	• Mantenimiento de silenciadores • Horarios diurnos (07:00-19:00) • Bandejas de contención (110% vol.)	Coordinador HSE	dB(A) promedio	Inmediato
E-03	Derrames de combustibles y aceites	Cero incidentes significativos	• Kit absorbentes clase II en cada equipo	Supervisor de Mantenimiento	Nº incidentes/mes	Permanente

Código	Impacto crítico (Planet P5)	Objetivo de mitigación	Estrategias clave	Responsable	Indicador/KPI	Horizonte
E-04	Residuos peligrosos (aceite usado, filtros)	Valorizar 90% de RP generados	• Capacitación “STOP Spill” trimestral • Contrato con gestor autorizado (Resol. 0222/2011) • Programa “Filtro Cero” (reencauche cartuchos) • Escariado + subsolado	Gestor Ambiental	% RP valorizado	2025-2026
E-05	Compactación y pérdida de suelo	Restaurar 100% áreas intervenidas	• Enmienda orgánica 30 t/ha • Siembra de gramínea nativa • Reforestación con especies nativas (Plan Quinina)	Capataz de Obra	ha-restauradas/ha-impactadas	2025-2029
E-06	Pérdida de cobertura vegetal y fauna	Compensar 1,2 ha por cada ha afectada	• Instalación de cajas-nido y pasos de fauna • Adopción ISO 15380 (HEES)	Coordinador SGAS	Índice de sobrevivencia plántulas (%)	2025-2030
E-07	Consumibles químicos	Sustituir 60% lubricantes por biodegradables	• Monitoreo de viscosidad para extender vida útil • Iluminación LED grado IP65	Supervisor de Lubricación	% vol. HEES/total	2026
E-08	Energía eléctrica indirecta	Reducir 10% kWh/taller	• Política “Energy Off” y medidor sub-metro	Jefe de Taller	kWh/orden de trabajo	2025-2027

Fuente: Construcción del autor.

Integración con el Sistema de Gestión Ambiental (SGA)

- a) Cada estrategia se integra en el proyecto como un paquete de trabajo concreto, asignándole un presupuesto específico y reservas para contingencias en el cronograma general, según se detalla en la estructura de desglose de trabajo, (WBS 2.6). Se realizan auditorías internas de ISO 14001 cada doce meses, y verificaciones externas cada dos años. Los resultados de estas auditorías se utilizan para mejorar constantemente los procesos. Cualquier problema encontrado se documenta y se carga en el Registro de Lecciones Aprendidas. Esta

información ayuda a identificar áreas de mejora y a aplicar los cambios necesarios. Se mantienen informes mensuales sobre el progreso ante el Comité ESG, utilizando indicadores clave de rendimiento, o KPIs. Si estos indicadores muestran una desviación mayor al 10 por ciento, el sistema genera alertas que desencadenan una solicitud de modificación según el proceso establecido para controlar cambios.

3. Inicio y Planeación del Proyecto

3.1. Aprobación del Proyecto

El proyecto en cuestión busca diseñar y poner en marcha un sistema completo para gestionar maquinaria pesada, con el objetivo de reducir los riesgos que pueden surgir durante las operaciones y limitar los períodos de inactividad no planificados en proyectos de construcción. Para esto, se toma como ejemplo a Maquinobras S.A.S., una empresa con sede en Granada, Meta, Colombia. El acta que pone en marcha un proyecto es un documento oficial que da el visto bueno para comenzar y le da autoridad al director para usar los recursos de la organización en las tareas relacionadas. En este documento, es fundamental incluir ciertos elementos clave para que todos los implicados sepan hacia dónde van, se definan los objetivos de manera clara y se fije desde el principio el alcance del proyecto.

Tabla 48. Acta de Constitución del Proyecto

Elemento	Descripción
Nombre del proyecto	<i>Gestión de Maquinaria Pesada: Reducción de Riesgos Operativos y Tiempos Muertos no Planificados en Proyectos de Construcción</i>
Fecha de aprobación	13/06/2024
Duración estimada	18 meses
Patrocinador	Representante legal de Maquinobras S.A.S.
Director del proyecto	Hernán Darío Patiño Morales
Tipo de proyecto	Investigación aplicada con enfoque mixto
Propósito y justificación	Optimizar la gestión operativa de maquinaria pesada para reducir riesgos y minimizar tiempos muertos no planificados, mejorando disponibilidad y confiabilidad de los equipos, en línea con las buenas prácticas de gestión de

Elemento	Descripción
	proyectos y la normatividad colombiana (Ley 80 de 1993, Decreto 1072 de 2015 en SST).
Objetivo general	Implementar un sistema integral de gestión de maquinaria pesada para reducir riesgos operativos y minimizar tiempos muertos no planificados en proyectos de construcción.
Objetivos específicos	1. Diagnosticar la gestión actual. 2. Identificar y clasificar riesgos. 3. Diseñar plan de mantenimiento preventivo y predictivo. 4. Implementar herramientas de control y monitoreo. 5. Evaluar efectividad mediante KPI.
Alcance preliminar	Incluye diagnóstico, diseño de estrategias, capacitación y evaluación. No incluye compra de nueva maquinaria ni obras civiles no relacionadas.
Interesados clave	Internos: Representante legal, director de proyecto, coordinador operativo, operadores, mecánicos, administrativos. Externos: Proveedores, clientes finales, autoridades locales.
Riesgos iniciales	- Fallas mecánicas recurrentes. - Accidentes laborales. - Incremento de costos por inactividad. - Retrasos en obra.
Criterios de éxito	- Reducir tiempos muertos $\geq 20\%$. - Disminuir fallas mecánicas $\geq 15\%$. - Alcanzar disponibilidad $\geq 90\%$. - Satisfacción de clientes $\geq 85\%$.
Recursos aprobados	Humanos: Equipo técnico y administrativo. Financieros: Presupuesto asignado. Tecnológicos: MS Project, Excel avanzado, herramientas de mantenimiento.
Aprobación	Con la firma de este documento, se autoriza el inicio del proyecto y el uso de los recursos asignados.
	Patrocinador: _____

Elemento	Descripción
Director del proyecto: _____	

Fuente: Construcción del autor.

3.2. Plan de Gestión del Proyecto

3.2.1. Plan de Gestión de Interesados

a. Identificación y Categorización de Interesados En el caso de Maquinobras S.A.S., es fundamental asegurar la participación entusiasta de todos los actores, ya sean estos internos o externos, cuyo papel sea decisivo para el desarrollo y aplicación efectiva de un sistema bien estructurado dirigido a la gestión y administración de maquinaria pesada. Esto requiere un esfuerzo coordinado y una colaboración estrecha con todos los involucrados para que el sistema funcione de manera óptima. En algún momento, es crucial determinar quiénes se verán afectados por un proyecto, ya sean individuos, grupos u organizaciones. Esto es fundamental para decidir cómo abordarlos y gestionar sus expectativas, sobre todo en función de la influencia que puedan tener en el proyecto. Al identificar a esas personas o entidades, se pueden establecer sólidas estrategias de comunicación que tengan en cuenta tanto su nivel de interés y sus capacidades como sus posibles objeciones. El objetivo es evitar problemas y asegurarse de que todos los afectados reciban la consideración adecuada.

Tabla 49. Identificación y Categorización de Interesados

ID	Interesado	Tipo	Rol en el proyecto	Interés	Poder/Influencia	Categoría
1	Representante legal de Maquinobras S.A.S.	Interno	Patrocinador del proyecto, asigna recursos y toma decisiones estratégicas	Alto	Alto	Clave

ID	Interesado	Tipo	Rol en el proyecto	Interés	Poder/Influencia	Categoría
2	Director del proyecto	Interno	Lidera la planificación, ejecución y control del proyecto	Alto	Alto	Clave
3	Coordinador operativo	Interno	Supervisa la operación diaria de la maquinaria y coordina el equipo técnico	Alto	Medio	Primario
4	Operadores de maquinaria	Interno	Ejecutan la operación directa de los equipos	Alto	Medio	Primario
5	Mecánicos y personal de mantenimiento	Interno	Realizan mantenimiento preventivo y correctivo	Alto	Medio	Primario
6	Personal administrativo	Interno	Apoyo en gestión documental, control de inventarios y reportes	Medio	Bajo	Secundario
7	Proveedores de repuestos y servicios técnicos	Externo	Suministran insumos, repuestos y asistencia técnica	Medio	Medio	Primario
8	Clientes finales de proyectos de construcción	Externo	Reciben el servicio de maquinaria en obra	Alto	Alto	Clave
9	Autoridades locales (Secretarías de Obras Públicas, entes de control)	Externo	Supervisión y cumplimiento de normatividad	Medio	Alto	Clave

ID	Interesado	Tipo	Rol en el proyecto	Interés	Poder/Influencia	Categoría
10	Comunidades locales cercanas a las obras	Externo	Se ven afectadas por las operaciones y su impacto ambiental/sonoro	Medio	Bajo	Secundario
11	Aseguradora y entidades financieras	Externo	Respaldan pólizas y operaciones crediticias del proyecto	Bajo	Medio	Secundario

Fuente: Construcción del autor.

Caracterización breve de categorías

- **Clave:** Interesados con alto poder e interés. Deben ser involucrados constantemente y participar en la toma de decisiones estratégicas.
- **Primario:** Interesados con influencia significativa en la operación, requieren comunicación frecuente y participación activa en fases específicas.
- **Secundario:** Interesados con bajo poder o interés relativo, se les debe mantener informados y gestionar sus expectativas para prevenir conflictos.

b. Matriz de Interesados La matriz de interesados ayuda a clasificar a los actores en función de su capacidad para influir en el proyecto y del interés que tienen en él. Esto permite definir estrategias para involucrar a cada uno de manera adecuada, considerando su nivel de influencia y su nivel de interés.

Tabla 50. Matriz de poder e interés de los interesados

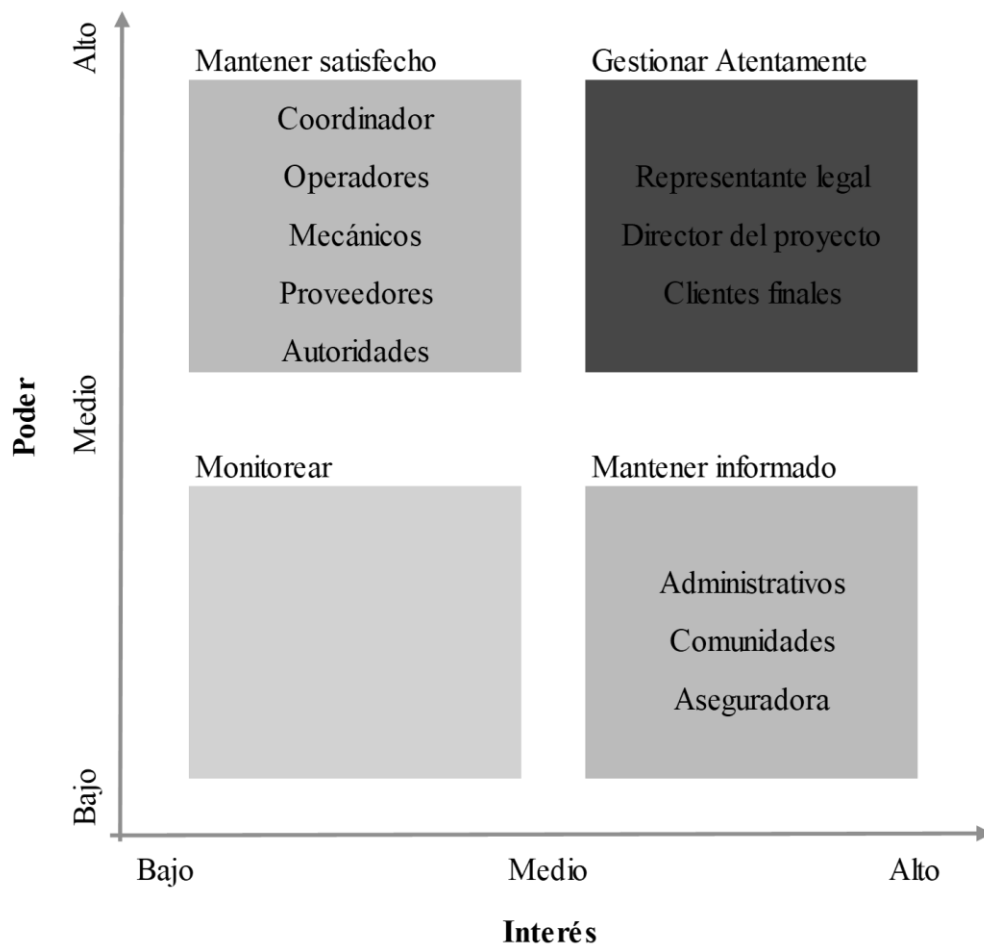
Interesado	Poder/Influencia	Interés	Ubicación en la matriz	Estrategia de involucramiento
Representante legal de Maquinobras S.A.S.	Alto	Alto	Gestionar de cerca	Participar activamente en decisiones estratégicas y aprobaciones; reuniones de seguimiento periódicas.
Director del proyecto	Alto	Alto	Gestionar de cerca	Liderar todas las fases del proyecto; toma de decisiones operativas y estratégicas; comunicación directa diaria con equipo.
Coordinador operativo	Medio	Alto	Mantener satisfecho	Involucrar en la planificación operativa y control de actividades; reuniones semanales de coordinación.
Operadores de maquinaria	Medio	Alto	Mantener satisfecho	Capacitación técnica, reportes operativos diarios y comunicación constante con el coordinador operativo.
Mecánicos y personal de mantenimiento	Medio	Alto	Mantener satisfecho	Incluir en el diseño del plan de mantenimiento; establecer canales para reportar fallas y mejoras.
Personal administrativo	Bajo	Medio	Mantener informado	Proveer información de avance administrativo y documental; comunicación mensual.
Proveedores de repuestos y servicios técnicos	Medio	Medio	Mantener satisfecho	Asegurar acuerdos claros de tiempos y calidad de suministro; comunicación en cada pedido y evaluación trimestral.
Clientes finales	Alto	Alto	Gestionar de cerca	Reuniones de inicio de servicio, seguimiento de satisfacción y reportes de cumplimiento.

Interesado	Poder/Influencia	Interés	Ubicación en la matriz	Estrategia de involucramiento
Autoridades locales y entes de control	Alto	Medio	Mantener satisfecho	Cumplir normatividad, reportar avances y licencias; reuniones según requerimientos legales.
Comunidades locales	Bajo	Medio	Mantener informado	Informar sobre actividades, mitigar impactos ambientales y sociales.
Aseguradora y entidades financieras	Medio	Bajo	Mantener informado	Reportar estados financieros y de operación según contrato; comunicación semestral.

Fuente: Construcción del autor.

Representación gráfica – Matriz Poder/Interés

Figura 6. Matriz poder/interés



Fuente: Construcción del autor.

c. Matriz Dependencia Influencia Este estudio permite comprender mejor la conexión que existe entre dependencia e influencia, lo que a su vez ayuda a identificar patrones y factores clave que influyen en esta relación. La dependencia se refiere al nivel en el que alguien requiere del proyecto o de otras partes involucradas para lograr lo que se ha propuesto. Esto implica una relación de necesidad básica para alcanzar ciertos objetivos. Cuando se trata del impacto que una persona puede tener en un proyecto, su influencia es fundamental. Se refiere a la capacidad que tiene el individuo para marcar la diferencia en las decisiones que se toman, los recursos que se asignan o los resultados finales que se logran. En resumen, la influencia de una persona es su poder para afectar de diversas maneras el desarrollo y el resultado final de un proyecto.

La clasificación se distribuye en cuatro cuadrantes:

1. Alta influencia – Alta dependencia → Interesados críticos: deben involucrarse activamente y gestionarse de cerca.
2. Alta influencia – Baja dependencia → Interesados con poder autónomo: mantenerlos satisfechos y alineados.
3. Baja influencia – Alta dependencia → Interesados dependientes: mantenerlos informados y apoyarlos para que alcancen sus metas vinculadas al proyecto.
4. Baja influencia – Baja dependencia → Interesados periféricos: monitorear mínimamente.

Tabla 51. Matriz dependencia–influencia de interesados

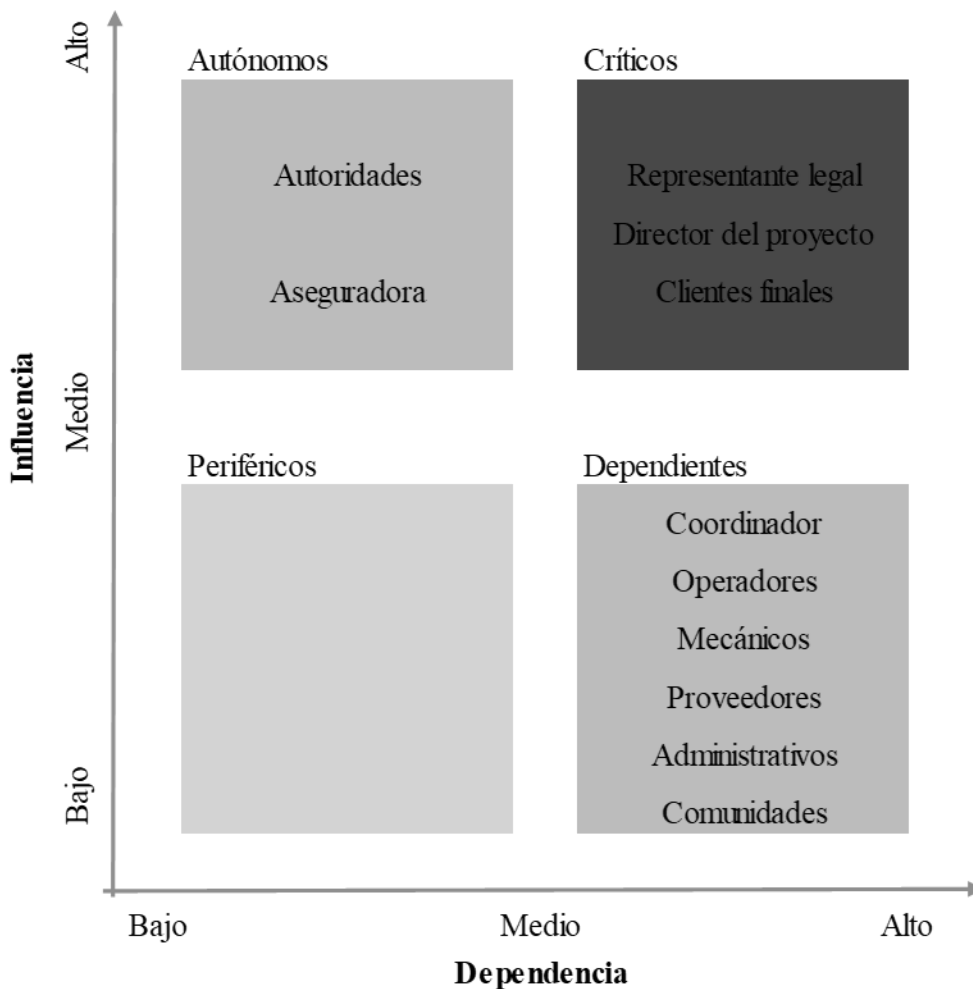
Interesado	Influencia	Dependencia	Ubicación	Estrategia de gestión
Representante legal de Maquinobras S.A.S.	Alta	Alta	Alta–Alta (Crítico)	Participación en decisiones estratégicas, reuniones periódicas, visibilidad total del avance.
Director del proyecto	Alta	Alta	Alta–Alta (Crítico)	Liderazgo operativo y estratégico, control integral del proyecto.
Clientes finales	Alta	Alta	Alta–Alta (Crítico)	Comunicación continua, cumplimiento de requerimientos y calidad del servicio.
Autoridades locales y entes de control	Alta	Baja	Alta–Baja (Autónomo)	Cumplimiento normativo, entrega de reportes y gestión de licencias.
Coordinador operativo	Media	Alta	Baja–Alta (Dependiente)	Acceso a información operativa y recursos; soporte constante del director de proyecto.

Interesado	Influencia	Dependencia	Ubicación	Estrategia de gestión
Operadores de maquinaria	Media	Alta	Baja–Alta (Dependiente)	Capacitación y provisión de equipos en condiciones óptimas.
Mecánicos y personal de mantenimiento	Media	Alta	Baja–Alta (Dependiente)	Asignación de recursos y planificación de mantenimiento.
Proveedores de repuestos y servicios	Media	Alta	Baja–Alta (Dependiente)	Órdenes claras, pagos oportunos y coordinación logística.
Personal administrativo	Baja	Media	Baja–Alta (Dependiente)	Flujos de información y apoyo documental periódico.
Comunidades locales	Baja	Media	Baja–Alta (Dependiente)	Información sobre actividades y medidas de mitigación.
Aseguradora y entidades financieras	Media	Baja	Alta–Baja (Autónomo)	Cumplimiento contractual, reportes periódicos.

Fuente: Construcción del autor.

Representación gráfica – Matriz Dependencia–Influencia

Figura 7. Matriz dependencia-influencia



Fuente: Construcción del autor.

d. Formato Para la Resolución de Conflictos y Gestión de Expectativas En la empresa Maquinobras S.A.S., se utilizará este formato para resolver cualquier conflicto que surja durante la puesta en marcha del sistema de gestión de maquinaria pesada, ya sea entre empleados o entre la empresa y terceros. La resolución de conflictos y la gestión de expectativas son fundamentales para mantener la armonía entre todos los involucrados en un proyecto y asegurar que los objetivos se cumplan según lo planeado. Para lograr esto, es importante contar con un procedimiento bien definido que establezca cómo se comunicarán las partes, quién será responsable de qué y en qué plazos se resolverán los asuntos. De esta manera, se pueden

establecer canales de comunicación claros y eficaces, lo que facilita la resolución de cualquier problema que pueda surgir durante el transcurso del proyecto. Es vital documentar cada paso del proceso para asegurarse de que todo se lleva a cabo de manera transparente y organizada. Esto no solo ayuda a evitar malentendidos, sino que también permite a todos saber a qué atenerse y a quién acudir en caso de necesidad.

Tabla 52. Formato de resolución de conflictos y gestión de expectativas

Fecha de registro	ID Conflicto	Interesado (s) involucrado(s)	Descripción del conflicto o expectativa	Clasificación (Técnico / Operativo / Administrativo / Contractual / Social / Ambiental)	Impacto (Alto / Medio / Bajo)	Responsable de atención	Acciones propuestas	Fecha compromiso o solución	Estado (Abierto / En seguimiento / Cerrado)
[dd/mm/aaaa]	[C-001]	[Nombre interesado]	[Descripción breve y objetiva]	[Categoría]	[Nivel]	[Responsable designado]	[Medidas a implementar]	[dd/mm/aaaa]	[Estado actual]

Fuente: Construcción del autor.

Procedimiento de uso del formato

1. Registro inmediato

Todo conflicto o desviación de expectativas debe documentarse en el formato dentro de las 24 horas posteriores a su detección.

2. Clasificación y priorización

El director del proyecto, junto con el coordinador operativo, determinará la categoría y el nivel de impacto para asignar prioridad de atención.

3. Definición de responsable y acciones correctivas

Se asignará un responsable según la naturaleza del conflicto (ej.: coordinador para operativos, mecánico jefe para técnicos, administrativo para contractuales).

4. Seguimiento y comunicación

- Los interesados involucrados recibirán actualizaciones periódicas.
- Los conflictos de alto impacto tendrán seguimiento diario; los de impacto medio o bajo, semanal.

5. Cierre del conflicto

Un conflicto se considera cerrado cuando todas las acciones correctivas se han implementado y las partes involucradas confirman la resolución.

Comunicarse de manera proactiva significa mantener a otros informados sobre lo que está sucediendo. Esto incluye compartir avances, cambios y decisiones tomadas antes de que alguien pregunte. De esta forma, la información fluye de manera natural y se evitan malentendidos. La gestión preventiva se ocupa de identificar posibles puntos de conflicto antes de que se conviertan en un problema real. Para lograr esto, es útil llevar a cabo reuniones periódicas de seguimiento para discutir cómo marchan las cosas y analizar los riesgos potenciales que puedan surgir. Esto ayuda a estar preparados y a tomar medidas antes de que cualquier tema se desarrolle.

Utilizar actas, reportes y cronogramas que cualquier persona clave pueda revisar y comprender es crucial. Esto ayuda a mantener todo el mundo sobre la misma página y con acceso rápido a la información que necesitan. La claridad en la documentación es esencial para asegurar que todos los involucrados tengan una comprensión compartida de los próximos pasos y de los objetivos finales. En cualquier proyecto, es fundamental buscar el consenso y la negociación. Lo más importante es encontrar soluciones que beneficien al proyecto en general, poniendo los objetivos comunes por encima de los intereses personales. De esta manera, se puede trabajar hacia un fin común, en lugar de dejar que los intereses individuales obstaculicen el avance. Esto conlleva a una colaboración más efectiva y un resultado final más sólido.

En cuanto a la gestión de expectativas, existen algunas estrategias básicas que pueden ser bastante efectivas. Una de ellas es establecer metas y objetivos claros desde el principio, lo que ayuda a todo el mundo a estar en la misma página. Otra estrategia es mantener a todos informados, actualizando regularmente sobre el progreso y cualquier cambio. También es importante ser transparente y honesto sobre lo que es posible y lo que no, para evitar crear expectativas poco realistas. Además, escuchar activamente y responder a las preocupaciones y sugerencias de los demás puede hacer una gran diferencia en cómo se perciben las cosas. Asimismo, es fundamental tener flexibilidad para adaptarse a cambios imprevistos y encontrar soluciones que satisfagan a todos.

3.2.2. Plan de Gestión de Alcance

a. Project Scope Statement La Declaración del Alcance es un documento crucial que establece con precisión lo que se encuentra dentro y fuera del proyecto. En él se esbozan todos los pormenores, junto con los criterios necesarios para que pueda ser aceptado de manera oficial. Este documento resulta fundamental a la hora de evitar desvíos y de sentar las bases para una colaboración armoniosa entre todos los implicados en el proyecto.

Tabla 53. Acta de Declaración del Alcance

Elemento	Descripción
Nombre del proyecto	<i>Gestión de Maquinaria Pesada: Reducción de Riesgos Operativos y Tiempos Muertos no Planificados en Proyectos de Construcción</i>
Código del proyecto	GMP-RRO-TMP/2025
Objetivo general	Implementar un sistema integral de gestión de maquinaria pesada en Maquinobras S.A.S., para reducir riesgos operativos y minimizar los tiempos muertos no planificados en proyectos de construcción.
Descripción del producto/servicio	Sistema de gestión de maquinaria pesada que incluye: diagnóstico inicial, plan de mantenimiento preventivo y predictivo, protocolos de

Elemento	Descripción
Entregables principales	operación segura, capacitación del personal, y herramientas digitales para control y monitoreo de indicadores clave (KPI). - Informe de diagnóstico del estado actual de la gestión de maquinaria. - Plan de mantenimiento preventivo y predictivo. - Procedimientos operativos estandarizados (POE). - Herramienta de control y monitoreo (Excel avanzado / MS Project). - Capacitación al personal operativo y administrativo. - Informe de evaluación de resultados con KPI definidos. - Reducción mínima del 20 % de los tiempos muertos no planificados.
Criterios de aceptación	- Disminución de fallas mecánicas ≥ 15 %. - Alcanzar un índice de disponibilidad ≥ 90 %. - Satisfacción de clientes ≥ 85 %. - Cumplimiento de cronograma y presupuesto aprobado. - Diagnóstico técnico-operativo.
Alcance incluido (In-Scope)	- Implementación de un plan de gestión de maquinaria. - Diseño e implementación de indicadores de desempeño. - Capacitación del personal. - Evaluación de resultados y ajustes. - Compra o alquiler de nueva maquinaria.
Alcance excluido (Out-of-Scope)	- Reparaciones mayores fuera del presupuesto aprobado. - Obras civiles o adecuaciones físicas no relacionadas con el sistema de gestión. - Disponibilidad del personal clave para entrevistas y capacitación.
Supuestos	- Acceso a registros históricos de mantenimiento y operación. - Colaboración de proveedores en suministro de datos técnicos. - Recursos financieros aprobados en su totalidad.
Restricciones	- Cronograma máximo de 8 meses.

Elemento	Descripción
	- Presupuesto limitado al monto aprobado por el patrocinador. - Cumplimiento de normatividad vigente (Ley 80 de 1993, Decreto 1072 de 2015 en SST).
Responsable de aprobación	Representante legal de Maquinobras S.A.S.

Fuente: Construcción del autor.

Se trata de hacer que las cosas sean más fáciles de manejar cuando ocurren cambios. Es fundamental que todos estén en la misma longitud de onda sobre lo que se pretende lograr. Empezamos estableciendo los límites de nuestro proyecto, es decir, creando la línea base de alcance. Esta es básicamente la primera piedra para entender qué se va a hacer y qué no.

Este documento servirá como base para ciertas consideraciones. Estaba claro que haría falta algo así, un punto de partida claro. La idea era poner las cosas en orden, aclarar un poco el panorama. Por esto, el documento en cuestión tomará en cuenta algunos puntos clave, para después desarrollar cada uno a su debido tiempo. No es algo que se pueda abordar de manera superficial; requiere detenimiento y análisis. Es posible que algunos piensen que esto no es necesario, que ya saben lo que está en juego, pero la realidad es que es fácil pasarse por alto algunos detalles importantes. Por eso, este documento servirá como una especie de guía, para asegurarse de que nada quede sin considerar. Está diseñado para proporcionar una visión general clara, para que todo esté en su lugar cuando sea necesario.

b. Documento de Requisitos El documento que resume todos los requisitos de un proyecto es fundamental. En este caso, se llama Documento de Requisitos. Este documento detalla qué espera cada persona o grupo involucrado en el proyecto, desde las prestaciones básicas hasta los requisitos más técnicos. Se dividen en varios tipos: lo que debe hacer, cómo debe hacerlo, la calidad necesaria, lo que dictan las normas y cómo se dará por aceptado cuando

esté completado. Sirve de guía para comparar lo pedido con lo obtenido, punto por punto. Algo así como el plano que debe seguirse para tener éxito al final del proyecto.

Tabla 54. Documento de requisitos del proyecto

ID Req.	Descripción del requisito	Tipo (Funcional / No funcional / Normativo / Calidad / Aceptación)	Criterio de aceptación	Fuente	Prioridad (Alta / Media / Baja)
RQ-01	Elaborar diagnóstico integral del estado actual de la gestión de maquinaria pesada.	Funcional	Informe aprobado por el director del proyecto y patrocinador.	Director de proyecto, coordinador operativo.	Alta
RQ-02	Diseñar e implementar un plan de mantenimiento preventivo y predictivo.	Funcional	Documento validado por el área técnica y operativo en un piloto de al menos 2 meses.	Mecánicos, coordinador operativo.	Alta
RQ-03	Definir e implementar protocolos de operación segura (POE) según Decreto 1072 de 2015 en SST.	Normativo	Cumplimiento certificado por auditoría interna y sin no conformidades.	SST, normatividad nacional.	Alta
RQ-04	Capacitar al 100% del personal operativo y administrativo en el sistema implementado.	Funcional / Aceptación	Listas de asistencia y evaluación $\geq 80\%$ de aprobación.	Director de proyecto, personal administrativo.	Alta
RQ-05	Implementar herramienta digital para control y monitoreo de KPI (Excel avanzado / MS Project).	Funcional / Calidad	Herramienta en uso, con reporte mensual automático de disponibilidad y tiempos muertos.	Equipo de gestión.	Alta
RQ-06	Reducir tiempos muertos no planificados en un 20% mínimo.	Aceptación / Calidad	Medición comparativa antes-después validada por el director y patrocinador.	KPI operativos.	Alta
RQ-07	Disminuir fallas mecánicas en al menos un 15%.	Aceptación / Calidad	Registro histórico comparado y validado.	Registros de mantenimiento.	Alta

ID Req.	Descripción del requisito	Tipo (Funcional / No funcional / Normativo / Calidad / Aceptación)	Criterio de aceptación	Fuente	Prioridad (Alta / Media / Baja)
RQ-08	Garantizar cumplimiento de la Ley 80 de 1993 para contratación de servicios y suministros.	Normativo	Documentación contractual auditada sin hallazgos.	Representante legal.	Alta
RQ-09	Mantener un índice de disponibilidad de maquinaria $\geq 90\%$.	Calidad / Aceptación	Reporte mensual validado por el director del proyecto.	KPI operativos.	Alta
RQ-10	Cumplir cronograma y presupuesto aprobado.	No funcional / Aceptación	Cierre de proyecto sin desviaciones $> 5\%$.	Patrocinador.	Alta
RQ-11	Minimizar el impacto ambiental asociado a operación y mantenimiento.	Normativo / Calidad	Plan de gestión ambiental implementado y validado.	Autoridades locales, comunidad.	Media

Fuente: Construcción del autor.

Los requisitos que hayan sido clasificados como de alta prioridad necesitan ser revisados cada semana mientras estén en ejecución. Los requisitos normativos siguen estrictamente lo establecido en la Ley 80 de 1993 y el Decreto 1072 de 2015, lo cual hace que se cumpla con todas las normas pertinentes sobre seguridad y salud laboral. Los requisitos pueden ser rastreados gracias a una herramienta llamada Matriz de Trazabilidad de Requisitos, que se encuentra en la sección 3.2.2.c. Esta matriz es la que realmente garantiza que todos los requisitos puedan ser trazados de manera adecuada.

c. Matriz de Trazabilidad de Requisitos Lo que busca es garantizar que todos los resultados del proyecto reúnan los requisitos para ser aprobados y satisfagan a los involucrados más importantes. La matriz de trazabilidad de requisitos es esencial para llevar un registro de cada requisito desde el momento en que se identifica hasta que se verifica y validar. De esta manera, se puede hacer un seguimiento preciso de cada etapa del proceso.

Tabla 55. Matriz de trazabilidad de requisitos

ID Req.	Descripción del requisito	Entregable asociado	Responsable	Fase del proyecto	Método de verificación	Criterio de aceptación	Estado
RQ-01	Diagnóstico integral del estado actual de la gestión de maquinaria pesada.	Informe de diagnóstico	Director de proyecto / Coordinador operativo	Inicio / Planeación	Revisión documental y validación del patrocinador	Informe aprobado y firmado	Pendiente
RQ-02	Plan de mantenimiento preventivo y predictivo.	Documento técnico de mantenimiento	Mecánico jefe / Coordinador operativo	Planeación / Ejecución	Prueba piloto y validación operativa	Documento validado y en uso	Pendiente
RQ-03	Protocolos de operación segura (POE) según Decreto 1072 de 2015.	Manual de procedimientos operativos	Director SST / Coordinador operativo	Planeación / Ejecución	Auditoría interna SST	Cumplimiento normativo sin no conformidades	Pendiente
RQ-04	Capacitación a todo el personal.	Programa y registro de capacitaciones	Director de proyecto / Área administrativa	Ejecución	Listas de asistencia y evaluaciones	$\geq 80\%$ de aprobación	Pendiente
RQ-05	Herramienta digital para control de KPI.	Archivo Excel/MS Project con panel de indicadores	Equipo de gestión	Ejecución	Validación funcional y reporte mensual	Herramienta activa y en uso	Pendiente
RQ-06	Reducción de tiempos muertos no planificados en $\geq 20\%$.	Informe comparativo antes-después	Director de proyecto	Cierre	Análisis KPI operativos	Cumplimiento $\geq 20\%$ reducción	Pendiente
RQ-07	Disminución de fallas mecánicas en $\geq 15\%$.	Informe comparativo de fallas	Coordinador operativo / Mecánico jefe	Cierre	Análisis de registros históricos	Cumplimiento $\geq 15\%$ reducción	Pendiente
RQ-08	Cumplimiento Ley 80 de 1993 en contratación.	Contratos y expedientes de compras	Representante legal	Planeación / Ejecución	Auditoría contractual	Sin hallazgos	Pendiente
RQ-09	Índice de disponibilidad $\geq 90\%$.	Reportes de disponibilidad mensual	Coordinador operativo	Ejecución / Cierre	Revisión KPI	$\geq 90\%$ de disponibilidad	Pendiente
RQ-10	Cumplir cronograma y presupuesto.	Informe de control de avance	Director de proyecto	Ejecución / Cierre	Comparación vs. línea base	Desviación $\leq 5\%$	Pendiente
RQ-11	Minimizar impacto ambiental en	Plan de gestión ambiental	Director SST	Ejecución	Auditoría ambiental y	Cumplimiento de plan y medidas	Pendiente

ID Req.	Descripción del requisito	Entregable asociado	Responsable	Fase del proyecto	Método de verificación	Criterio de aceptación	Estado
	operación y mantenimiento.				encuestas comunitarias		

Fuente: Construcción del autor.

Observaciones para la implementación

- Estado: inicialmente todos los requisitos estarán como Pendiente, cambiando a En ejecución y finalmente a Cumplido según avance el proyecto.
- Método de verificación: debe documentarse y archivarse en carpeta digital y física para fines de auditoría y sustentación.
- Fases: esta trazabilidad debe revisarse en reuniones quincenales de seguimiento para detectar desviaciones a tiempo.

d. Actas de Cierre de Proyecto o Fase El acta de cierre libera los recursos que se han asignado. Comprueba que los productos o servicios ofrecidos se ajustan a lo que se espera de ellos. En Maquinobras S.A.S., se redactarán actas tanto para el final del proyecto en su totalidad como para el cierre de ciertas etapas importantes, como por ejemplo el diagnóstico, la implementación y la evaluación. Es importante tener un registro para poder recordar y aplicar las lecciones que se aprendan en el futuro. Así es como se puede aprender de los errores y experiencia. El acta de cierre es básicamente el papel que marca el final de un proyecto o de alguna parte de él. En ella se hace constar que todo está completo, es decir, que se han entregado y aceptado todos los trabajos y exigencias que se habían acordado al principio.

Para comenzar cualquier proyecto, es esencial que se formalice la aceptación del mismo por parte de quien lo patrocina o lo ha solicitado, estableciendo un acuerdo claro y mutuo entre las partes involucradas. Esto puede concretarse a través de documentos legales o acuerdos

firmados por ambas partes, garantizando un inicio formal y consensuado de los trabajos a realizarse.

Tabla 56. Formato de Acta de Cierre de Proyecto o Fase

Elemento	Descripción
Nombre del proyecto	<i>Gestión de Maquinaria Pesada: Reducción de Riesgos Operativos y Tiempos Muertos no Planificados en Proyectos de Construcción</i>
Código del proyecto	GMP-RRO-TMP/2025
Fase	[Indicar si es Diagnóstico, Implementación, Evaluación o Cierre Total]
Fecha de inicio	[dd/mm/aaaa]
Fecha de finalización	[dd/mm/aaaa]
Entregables cumplidos	[Lista detallada de entregables aprobados en esta fase]
Criterios de aceptación alcanzados	[Comparación con criterios definidos en el Project Scope Statement y Documento de Requisitos]
Incidencias y desviaciones	[Descripción de problemas presentados y cómo se resolvieron]
Lecciones aprendidas	[Síntesis de mejoras aplicables a futuros proyectos]
Estado de documentación	[Confirmar si toda la documentación está archivada y accesible]
Liberación de recursos	[Detalle de personal, equipos y presupuesto liberados]
Firmas de aprobación	Patrocinador: _____ Fecha: // ____
	Director del Proyecto: _____ Fecha: // ____

Fuente: Construcción del autor.

Procedimiento para el cierre

1. Verificación de entregables: el director del proyecto revisa y valida el cumplimiento con los requisitos y criterios de aceptación.
2. Revisión con interesados clave: presentación de resultados y resolución de observaciones.

3. Firma del acta: el patrocinador y el director del proyecto confirman la aceptación formal.
4. Liberación de recursos: el equipo operativo y los equipos de trabajo se reasignan o devuelven.
5. Registro final: el acta y toda la documentación de soporte se archivan en formato físico y digital.

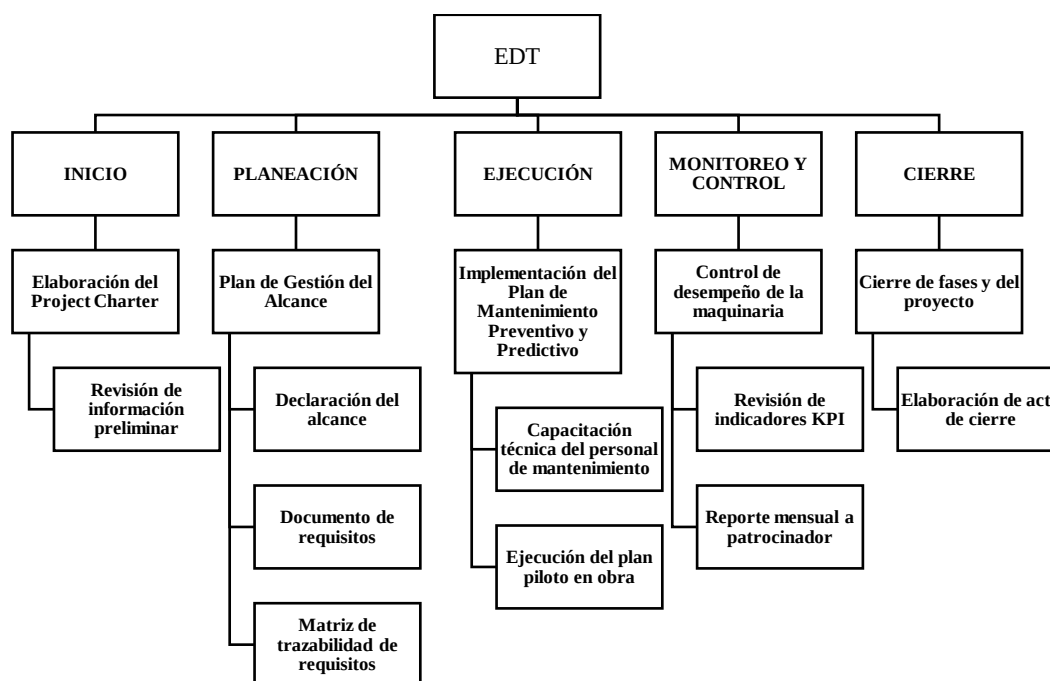
Ejemplo breve de uso para una fase del proyecto

- Fase: Diagnóstico inicial
- Entregables cumplidos: Informe de diagnóstico aprobado, matriz de riesgos preliminar, registro fotográfico de estado de maquinaria.
- Criterios de aceptación alcanzados: Documentos revisados y firmados por patrocinador, sin observaciones pendientes.
- Liberación de recursos: Analista de datos y consultor externo liberados; software de levantamiento de información desactivado.

e. Línea Base de Alcance con EDT/WBS a Quinto Nivel de Desagregación Se divide en cinco niveles, lo que ofrece suficiente detalle para planificar, controlar y seguir lo que está aconteciendo. El objetivo es estructurar y organizar de forma clara y jerárquica todas las tareas necesarias para llevar a cabo el trabajo y cumplir con los objetivos del proyecto de manera efectiva, es decir, entregar todo lo que se ha acordado. El punto de partida para cualquier proyecto es la línea base de alcance. Esto se compone de un conjunto de elementos aprobados que incluyen un enunciado detallado del alcance del proyecto, una estructura de desglose de trabajo, conocida como EDT o WBS, y un diccionario que explica cada una de las tareas y componentes incluidos en la WBS.

La estructura jerárquica de la EDT se basa en una descomposición gradual del proyecto, desde el resultado general hasta los distintos componentes y paquetes de trabajo. Esto se hace siguiendo la regla del 100 %, que básicamente establece que el proyecto total se descompone en partes que son mutuamente excluyentes y cubren todos los aspectos del mismo. Esta forma de representación tiene una apariencia similar a un árbol, lo que facilita seguir el progreso, asignar responsabilidades y combinarla con los cronogramas y costos totales. En esta estructura, se utilizan cuentas de control para mantener todo organizado.

Figura 8. Estructura de Desglose del Trabajo (EDT/WBS) Resumida



Fuente: Construcción del autor.

Solamente se presenta el nivel de resumen, es decir, las fases clave del ciclo de vida junto con sus entregables más importantes, y esto se debe a tres razones. En el nivel más alto, encontramos la gobernanza y la comunicación, donde están las cuentas de control. Allí se consolidan diversos aspectos como el desempeño, que incluye el alcance, el tiempo, el costo y el riesgo, todo lo cual es fundamental para tomar decisiones informadas. La visualización logra

cumplir con los estándares esperados, ya que define claramente su alcance y permite una visión más detallada a través de los anexos y el diccionario.

Ver anexo: Anexo A. DICCIONARIO WBS

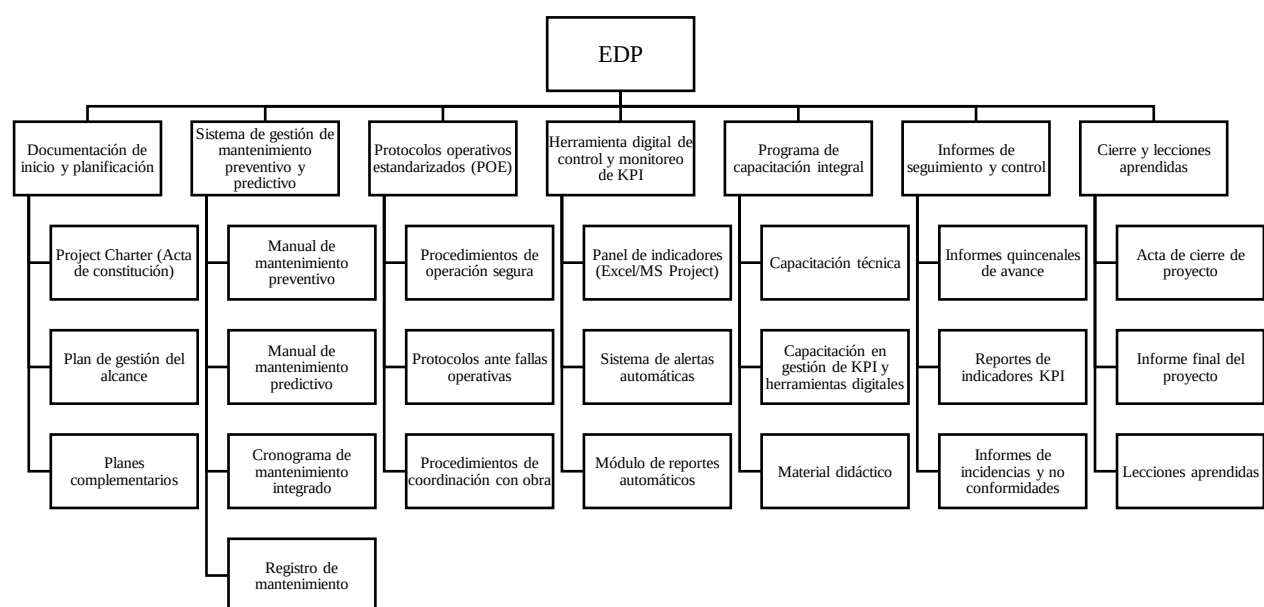
Además, mide el desempeño a un nivel adecuado para la toma de decisiones, manteniendo una perspectiva útil para evaluar y mejorar los resultados. La separación es conceptual en este sentido: el alcance de la EDT llega hasta paquetes de trabajo. En cuanto a desagregar en actividades, eso es tarea del cronograma. Resulta útil mantener un resumen en el cuerpo del texto y reservar los detalles para los anexos, de esta manera se evitan redundancias y se garantiza la coherencia con el plan de cronograma. La legibilidad se ve afectada cuando el diagrama completa alcanza un nivel de detalles demasiado profundo, sobre todo cuando se llega al quinto nivel. En ese punto, la complejidad visual aumenta de manera significativa sin ofrecer un beneficio real para aquellos lectores que no buscan un análisis exhaustivo. Por esta razón, es más práctico documentar los detalles operativos de manera detallada en el Diccionario de la WBS, en lugar de incluirlos todos en el diagrama.

En el quinto nivel, se garantiza que cada actividad sea clara, y se pueda identificar, asignar y medir sin ambigüedades. Sirve como base inicial para establecer el cronograma y determinar los costos. Es posible incorporar directamente la codificación EDT, como por ejemplo 1.1.1.1 o 1.1.1.2, en un cronograma realizado en MS Project o incluso en una hoja de cálculo avanzada de Excel.

f. EDP En este contexto, se detallan los productos y subproductos que surgirán del sistema de gestión de maquinaria pesada que está a punto de implementarse en la empresa Maquinobras S.A.S.A diferencia de la EDT, que se enfoca principalmente en el trabajo, la EDP se orienta hacia el resultado físico y funcional, destacando así una gran diferencia entre ambas.

La estructura de desglose de producto, o EDP, es una forma de ordenar todos los diferentes componentes de lo que se va a entregar en un proyecto. Esto se hace de manera jerárquica, lo que significa que cada elemento se desglose en partes más pequeñas, de modo que sea más fácil entender cómo encajan todas las piezas. La EDP aplica tanto a productos físicos, como a servicios o resultados, ya que en último término busca tener una visión clara de todo lo que está contemplado en el proyecto.

Figura 9. EDP Resumida



Fuente: Construcción del autor.

Para empezar, hay que fijar los criterios de aceptación para cada subproducto mencionados aquí. Estos deben estar detallados en el Documento de Requisitos y luego lleva un rastreo en la Matriz de Trazabilidad. La información recopilada en este documento servirá como base fundamental para evaluar la calidad del proyecto y también será una pieza clave en la elaboración del acta de cierre, marcando el final formal del proyecto en cuestión. Todo comienza con una buena base, y en este caso, la Estructura de Desarrollo de Producto, o EDP, es

fundamental. Esta base permite asegurar que el resultado final es coherente con lo que se anunció desde un principio.

Al presentar la EDP de esta manera, se logra una mayor claridad para los patrocinadores y la CCB, lo que a su vez facilita la toma de decisiones. Los detalles operativos, como especificaciones, plantillas y listas de verificación, se mantienen en anexos y en el diccionario de producto, evitando así la duplicidad con la EDT/WBS y el cronograma. Esto permite que la línea base del producto se mantenga clara, sea fácil de rastrear y esté sujeta a auditorías, lo que es fundamental para una buena gestión.

Ver anexo: Anexo H. EDP

g. Diccionario de la WBS Su objetivo principal es asegurar que todos los involucrados compartan una visión clara de cada aspecto del proyecto, lo que a su vez permite gestionar los cambios de manera efectiva. El Diccionario de la WBS es como un compañero de la EDT, ofrece detalles para cada paquete de trabajo. Enumera sus características generales, todo lo que tiene que ver con entregables, lo que se considera para aceptar el trabajo, los recursos necesarios, quien es el responsable y alguna nota adicional si es necesaria.

Estructura de campos incluidos

- Código WBS: referencia única al paquete de trabajo en la EDT.
- Nombre del paquete de trabajo: título breve y representativo.
- Descripción: definición detallada del trabajo a ejecutar.
- Entregables asociados: productos tangibles o intangibles resultantes.
- Criterios de aceptación: parámetros para considerar el trabajo como completado.
- Recursos requeridos: humanos, materiales, tecnológicos o financieros.
- Responsable: cargo o persona asignada.

Ejemplo parcial del Diccionario de la WBS

(Incluye los paquetes de trabajo más críticos y representativos para Maquinobras S.A.S.)

Tabla 57. Ejemplo parcial del Diccionario de la WBS

Código WBS	Nombre del paquete de trabajo	Descripción	Entregable asociado	Criterio de aceptación	Recursos requeridos	Responsable
4.1.2.2.1	Identificar desviaciones	Detectar variaciones respecto al plan base del proyecto.	Lista de desviaciones identificadas.	Registro documentado y validado por el equipo de control.	Reportes de avance, herramientas de seguimiento.	Coordinador de control de proyecto
4.1.2.2.2	Clasificar por impacto	Clasificar desviaciones según su efecto en alcance, tiempo, costo o calidad.	Tabla de clasificación de desviaciones.	Clasificación coherente y aprobada por dirección.	Matriz de impacto, criterios predefinidos.	Analista de control
4.1.2.2.3	Determinar tendencias	Analizar patrones para prever desviaciones futuras.	Informe de tendencias.	Informe aprobado por dirección de proyecto.	Software de análisis de datos, registros históricos.	Analista de datos
4.1.2.2.4	Hacer recomendaciones preliminares	Proponer acciones iniciales para mitigar desviaciones.	Documento de recomendaciones.	Aprobación por comité técnico.	Guías de mejores prácticas, reuniones técnicas.	Director de proyecto
4.1.2.2.5	Presentar interna	Exponer hallazgos y recomendaciones al equipo interno.	Acta de presentación interna.	Acta firmada por los asistentes.	Presentación digital, sala de reuniones.	Director de proyecto
4.1.2.3.1	Registrar en matriz de control	Documentar desviaciones en la matriz oficial de control.	Matriz actualizada.	Registro sin errores y completo.	Plantilla de matriz, software de gestión.	Área administrativa
4.1.2.3.2	Clasificar según criticidad	Definir nivel de criticidad de cada desviación.	Columna de criticidad actualizada en matriz.	Criticidad asignada de acuerdo a criterios definidos.	Matriz de control, criterios de criticidad.	Analista de control
4.1.2.3.3	Notificar al patrocinador si aplica	Comunicar desviaciones críticas al patrocinador.	Correo o acta de notificación.	Confirmación de recibido.	Correo electrónico, acta formal.	Director de proyecto

Código WBS	Nombre del paquete de trabajo	Descripción	Entregable asociado	Criterio de aceptación	Recursos requeridos	Responsable
4.1.2.3.4	Proponer plan de acción	Definir acciones correctivas para desviaciones críticas.	Documento de plan de acción propuesto.	Plan coherente con la magnitud de la desviación.	Guía de gestión de riesgos, plantillas de plan de acción.	Coordinador operativo
4.1.2.3.5	Aprobar plan por dirección	Obtener aprobación de la dirección para el plan propuesto.	Acta de aprobación.	Firma de director de proyecto.	Documento del plan, acta.	Director de proyecto

Fuente: Construcción del autor.

Consultar el Anexo A para referencias al Diccionario WBS. Al implementar algo, es importante tener en cuenta algunos detalles clave. El diccionario debe cubrir todas las claves de la EDT/WBS, hasta llegar al nivel cinco. Es importante estar al tanto de las cosas mientras el proyecto esté en marcha, y revisar todo en las reuniones donde se discuten los cambios.

Ver anexo: Anexo A. DICCIONARIO WBS

3.2.3. Plan de Gestión de Comunicaciones

a. Matriz de Comunicaciones Este texto puede servir como guía para evitar problemas de comunicación, tomar decisiones de manera más rápida y asegurarse de que todos estén en la misma página. En términos prácticos, la forma en que se intercambia información entre las partes involucradas es crucial. Esto incluye desde cómo se crea y se manda la información, hasta cómo se almacena y recibe. También se consideran factores como el tipo de información que se está tratando, con qué frecuencia se necesita, en qué formato debe presentarse y quién es el encargado de hacerlo. Todo esto viene acompañado de un sistema de control que garantiza que las cosas se hagan correctamente.

Tabla 58. Matriz de comunicaciones del proyecto

Tipo de comunicación	Objetivo	Frecuencia	Formato / Medio	Responsable de emisión	Destinatarios	Medio de verificación / Evidencia
Reunión de inicio (Kick-off)	Presentar objetivos, alcance y plan inicial del proyecto.	Una vez, al inicio.	Presencial o videoconferencia (acta en PDF).	Director del proyecto	Todos los interesados clave.	Acta firmada y archivo digital en repositorio.
Informe de avance quincenal	Actualizar sobre estado del cronograma, alcance y riesgos.	Cada 15 días.	Documento PDF con gráficos y tablas.	Director del proyecto	Patrocinador, coordinador operativo, autoridades si aplica.	Registro en carpeta de seguimiento del proyecto.
Reporte de indicadores KPI	Informar desempeño de maquinaria: disponibilidad, tiempos muertos, fallas.	Mensual.	Panel Excel/MS Project y resumen PDF.	Coordinador operativo	Director del proyecto, patrocinador.	Copia digital en carpeta de control.
Acta de reunión técnica	Documentar acuerdos y compromisos técnicos.	Según necesidad (mínimo mensual).	Acta digital con lista de tareas.	Coordinador operativo	Personal técnico y administrativo.	Archivo en repositorio compartido.
Comunicaciones con proveedores	Confirmar órdenes, entregas y soporte técnico.	Según cronograma de compras.	Correo electrónico o carta formal.	Área administrativa / Director del proyecto	Proveedores de repuestos y servicios.	Copia de correo o acuse de recibo.
Informe de cumplimiento normativo	Acreditar cumplimiento de Ley 80 de 1993, Decreto 1072 de 2015, y licencias.	Trimestral.	Informe PDF y anexos documentales.	Director SST / Director del proyecto	Autoridades locales y entes de control.	Copia de radicado o sello de recibido.
Reporte de incidentes o no conformidades	Informar fallos, accidentes o desviaciones críticas.	Dentro de las 24 h posteriores al hecho.	Formato físico/digital de reporte.	Coordinador operativo / SST	Director del proyecto, patrocinador.	Formato archivado y seguimiento en matriz de incidentes.
Encuesta de satisfacción del cliente	Evaluar calidad y cumplimiento del servicio.	Al cierre de cada contrato.	Formato digital o impreso.	Director del proyecto / Área administrativa	Clientes finales.	Base de datos de resultados y análisis.
Acta de cierre de fase o proyecto	Formalizar entrega de resultados y aceptación.	Al final de cada fase y al cierre total.	Documento PDF firmado.	Director del proyecto	Patrocinador, autoridades si aplica.	Archivo en carpeta final de proyecto.

Fuente: Construcción del autor.

Cada documento lleva un código exclusivo que sirve como identificador, y este código es fundamental para poder localizarlo de inmediato cuando se necesite. Para asegurar que toda la información esté organizada y sea fácil de encontrar, es esencial que todas las comunicaciones formales se almacenen en un solo lugar, como un repositorio digital (algo como Google Drive o OneDrive para la empresa). Este repositorio debe tener un acceso controlado, para mantener la privacidad y seguridad de los documentos allí guardados.

Para cualquier modificación en la matriz, se requiere la aprobación del director del proyecto. Una vez aprobado, es fundamental informar a todos los involucrados claves sobre los cambios realizados. De esta manera, se garantiza que todos los participantes estén al tanto de las actualizaciones y puedan adaptarse en consecuencia. Este proceso de control de cambios es esencial para mantener la coherencia y evitar confusiones en el transcurso del proyecto.

b. Flujograma de las Comunicaciones El flujograma de comunicaciones es básicamente un diagrama que permite ver cómo se mueve la información, quién se encarga de enviarla y qué pasos seguir en caso de problemas o situaciones imprevistas que puedan surgir.

En este proyecto, lo que realmente importa es que la información fluya de manera rápida y eficiente, que la documentación sea detallada y organizada, y que los canales de comunicación sean transparentes y fáciles de entender.

Descripción general del proceso

1. **Generación de la información:** En primer lugar, la información puede surgir de diferentes ámbitos dentro de una organización. Por un lado, está la operación diaria, donde los operadores y mecánicos están en el epicentro de la actividad. También puede provenir de la gestión técnica, donde el coordinador operativo juega un papel clave. Además, los departamentos administrativos y la dirección del proyecto son

fuentes igualmente importantes de información. En cada uno de estos ámbitos, se genera y se comparte información vital para el funcionamiento y la toma de decisiones.

2. Validación inicial: Se lleva a cabo una validación inicial. Aquí, la persona responsable directamente involucrada se encarga de comprobar que la información sea precisa y también adecuada para el propósito deseado.
3. Comunicación a nivel inmediato: Algunas veces es necesario pasar información rápido. En esos casos, se envía un mensaje directo a quien corresponda para que tome medidas para solucionar problemas o evitar que sucedan.
4. Escalamiento: Cuando un asunto tiene un impacto considerable en algún aspecto como el alcance, el tiempo, el costo o la calidad, es importante tomar medidas para abordarlo de manera efectiva. Si este impacto es de nivel medio o alto, se considera con la aprobación correspondiente, y se traslada la responsabilidad al director del proyecto, quien puede ofrecer la guía y los recursos necesarios para gestionarlo adecuadamente. Esto permite garantizar que se tomen las decisiones correctas y se asignen los recursos adecuados para resolver el problema de manera eficiente.
5. Notificación al patrocinador: En casos de incidentes críticos, desviaciones significativas o decisiones de importancia estratégica, es necesario informar al patrocinador.
6. Registro y archivo: En el caso de comunicaciones formales, es práctica común documentar y archivar toda la información. Por lo general, esto se hace mediante un sistema digital, donde se almacena toda la comunicación formal en un repositorio único, para que esté disponible cuando se necesite.

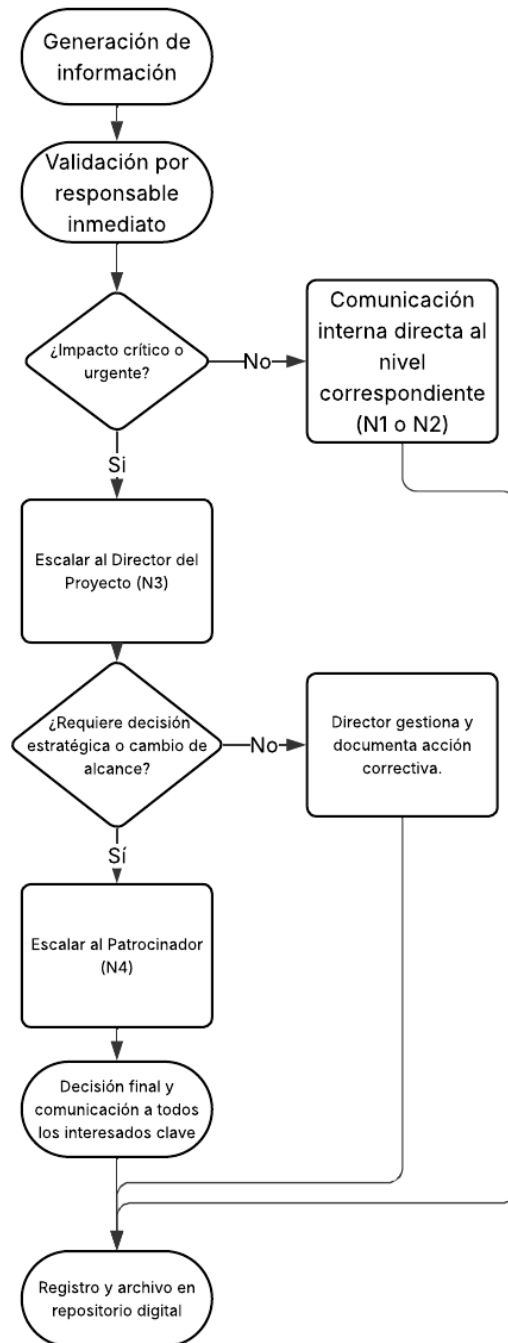
Tabla 59. Niveles de escalamiento de información

Nivel	Tipo de información	Origen	Destino	Tiempo de respuesta	Formato
Nivel 1	Operativa diaria, reportes de mantenimiento, incidencias menores.	Operador / Mecánico	Coordinador operativo	Inmediato a 24 h	Formato digital/físico
Nivel 2	Desviaciones moderadas en cronograma o KPI, incidentes SST no graves.	Coordinador operativo	Director del proyecto	Máx. 48 h	Informe técnico
Nivel 3	Riesgos críticos, accidentes graves, incumplimientos normativos.	Director del proyecto	Patrocinador / Autoridad competente	Máx. 24 h	Informe formal con anexos
Nivel 4	Cambios de alcance, sobrecostos mayores, decisiones estratégicas.	Patrocinador	Director del proyecto y equipo	Según reunión programada	Acta de reunión

Fuente: Construcción del autor.

Flujograma del proceso de comunicaciones y escalamiento

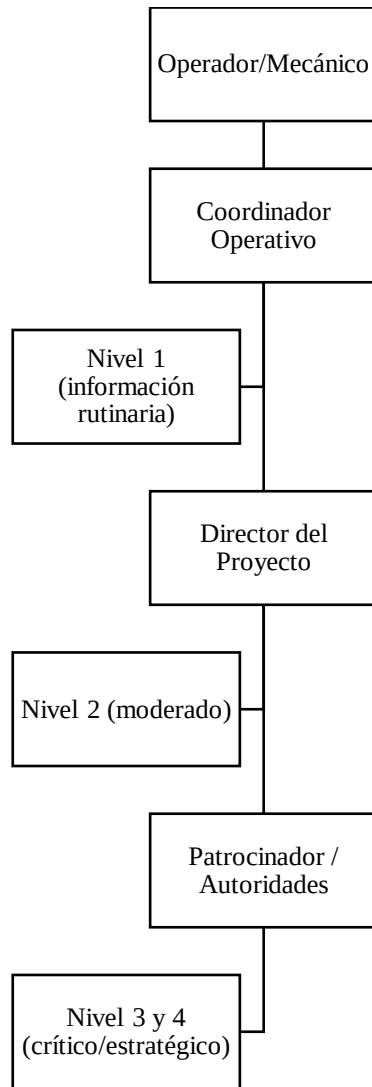
Figura 10. Flujograma del proceso de comunicaciones y escalamiento



Fuente: Construcción del autor.

Representación gráfica simplificada del flujo de comunicación y escalamiento

Figura 11. Representación gráfica simplificada del flujo de comunicación y escalamiento



Fuente: Construcción del autor.

Algunas consideraciones al poner en marcha. Cuando ocurren eventos críticos, como accidentes graves o fallas importantes, no hay tiempo que perder. En situaciones así, no se pueden posponer las decisiones hasta las próximas reuniones programadas. Es fundamental abordar estos problemas de inmediato. Se ha designado un repositorio único para almacenar toda la evidencia relacionada. Esto se llevará a cabo mediante una carpeta llamada “Gestión de Comunicaciones” ubicada en la nube, lo que permitirá mantener un control de versiones sobre los documentos almacenados.

Para garantizar una comunicación eficaz y transparente, es crucial que todos los intercambios de información se realicen a través de canales oficiales. Esto incluye el correo institucional, actas de reuniones y formularios digitales corporativos diseñados para tal fin. De esta manera, se logra no solo una mayor celeridad en la respuesta y el seguimiento, sino también una trazabilidad clara de los mensajes y documentos intercambiados, lo que a su vez reduce el riesgo de malentendidos y aumenta la productividad. Además, utilizar canales institucionales permite mantener un registro detallado y organizado de todas las comunicaciones, facilitando así su localización y referencia en el futuro. Al adoptar esta práctica se promueve una cultura de la transparencia y el orden en la comunicación, aspectos esenciales en cualquier institución que busque operar con eficiencia y profesionalismo.

c. Glosario de Terminología Común Esto ayuda a evitar confusiones y hace que las personas se entiendan mejor entre sí. Cuando todos están en la misma página, las cosas salen mejor y la comunicación fluye con más facilidad.

El glosario de términos comunes ayuda a que todos los que trabajan en el proyecto hablen el mismo idioma cuando se trata de conceptos importantes. De esta forma, todos tienen claro qué significan y cómo se utilizan ciertas palabras en cada fase del trabajo, desde la planificación hasta la ejecución y supervisión.

Tabla 60. Glosario de términos

Término	Definición
Acta de constitución del proyecto (Project Charter)	Documento que autoriza formalmente el inicio del proyecto y otorga autoridad al director para utilizar recursos organizacionales.
Alcance del proyecto	Trabajo total que debe realizarse para entregar un producto, servicio o resultado con las características y funciones especificadas.

Término	Definición
Análisis de riesgos	Proceso de identificación, evaluación y priorización de riesgos que pueden afectar el proyecto.
Capacitación operativa	Formación técnica dirigida a operadores y mecánicos para garantizar el uso seguro y eficiente de la maquinaria.
Cronograma del proyecto	Representación gráfica o tabular del calendario de actividades, con sus fechas de inicio y finalización.
Disponibilidad de maquinaria	Porcentaje de tiempo que un equipo está en condiciones operativas respecto al tiempo total programado.
EDP (Estructura de Desglose del Producto)	Desglose jerárquico de los componentes físicos y funcionales del producto final del proyecto.
EDT/WBS (Estructura de Desglose del Trabajo)	Representación jerárquica del trabajo total del proyecto, organizado en paquetes de trabajo.
Entregable	Producto, servicio o resultado específico que debe ser producido para completar un proceso, fase o proyecto.
Falla mecánica	Evento que impide que una máquina funcione correctamente debido a averías o defectos técnicos.
Gestión de interesados	Procesos para identificar, analizar y desarrollar estrategias de participación de las partes interesadas en el proyecto.
Indicador clave de desempeño (KPI)	Métrica utilizada para evaluar el desempeño de un aspecto crítico del proyecto.
Ley 80 de 1993	Estatuto General de Contratación de la Administración Pública en Colombia, que regula los contratos estatales.
Mantenimiento preventivo	Intervenciones programadas para prevenir fallas y mantener la maquinaria en condiciones óptimas.
Mantenimiento predictivo	Técnicas basadas en monitoreo y análisis de datos para anticipar fallas antes de que ocurran.
No conformidad	Incumplimiento de un requisito especificado, normativo o contractual.
Patrocinador del proyecto	Persona o entidad que proporciona recursos y apoyo para el proyecto, y es responsable de su éxito.
Plan de gestión de comunicaciones	Documento que define cómo se planificarán, estructurarán, implementarán y controlarán las comunicaciones del proyecto.

Término	Definición
POE (Procedimientos Operativos Estandarizados)	Instrucciones detalladas que describen cómo ejecutar de forma segura y eficiente las operaciones de maquinaria.
Tiempo muerto no planificado	Periodo en que una máquina no está operativa por causas imprevistas, como averías o retrasos logísticos.

Fuente: Construcción del autor.

3.2.4. Plan de Gestión del Cronograma

a. Listado de Actividades con Estimación de Duraciones Esperadas con Uso de la Distribución PERT Beta-Normal El método PERT (Program Evaluation and Review Technique) con distribución beta-normal estima la duración esperada de una actividad considerando tres escenarios:

- Optimista (O): el mejor tiempo posible sin contratiempos.
- Más probable (M): el tiempo más realista considerando recursos y condiciones habituales.
- Pesimista (P): el tiempo máximo esperado si ocurren problemas razonables.

La fórmula para calcular la duración esperada (TE) es:

$$TE = \frac{O + 4M + P}{6}$$

El resultado se expresa en días calendario para este proyecto.

Tabla 61. Listado de actividades y estimación de duraciones (PERT) ruta crítica resumida

Código WBS	Actividad	O (Optimista)	M (Más probable)	P (Pesimista)	TE (Duración esperada)	Varianza	Desviación estándar
	Gestión de Maquinaria Pesada: Reducción de Riesgos Operativos y Tiempos Muertos no Planificados en Proyectos de	354,5	678,5	1119,5	713,5	80,2	127,5

Código WBS	Actividad	O (Optimista)	M (Más probable)	P (Pesimista)	TE (Duración esperada)	Varianza	Desviación estándar
	Construcción						
1.1.1.1	Recolectar datos internos de Maquinobras S.A.S.	9,0	17,0	30,0	17,9	2,6	3,5
1.1.1.3	Validar datos con el patrocinador	7,0	13,0	24,0	13,9	1,7	2,8
1.1.1.4	Documentar acuerdos iniciales	7,0	13,0	24,0	13,9	1,7	2,8
1.1.1.5	Obtener aprobación formal del acta de constitución	8,0	14,0	27,0	15,2	2,2	3,2
2.1.1.1	Definir entregables	10,0	20,0	30,0	20,0	2,2	3,3
2.1.1.2	Definir criterios de aceptación	10,0	20,0	30,0	20,0	2,2	3,3
2.1.1.4	Validar con el patrocinador	11,0	20,0	31,0	20,3	2,3	3,3
2.1.1.5	Emitir documento final de alcance	10,0	20,0	30,0	20,0	2,2	3,3
3.1.2.1	Seleccionar maquinaria para prueba piloto	7,0	14,0	23,0	14,3	1,5	2,7
3.1.2.2	Instalar sistemas de monitoreo	7,0	13,0	22,0	13,5	1,4	2,5
3.1.2.3	Recolectar datos en campo	6,0	11,0	20,0	11,7	1,1	2,3
3.1.2.4	Analizar desempeño preliminar	9,0	18,0	30,0	18,5	2,6	3,5
3.1.2.5	Ajustar operación inicial	8,0	16,0	26,0	16,3	1,9	3,0
4.1.1.5	Cumplir cronograma de mantenimiento	9,0	18,0	28,0	18,2	2,0	3,2
4.1.2.1	Consolidar datos	9,0	18,0	27,0	18,0	1,9	3,0
4.1.2.2	Comparar desempeño con la línea base	9,0	18,0	28,0	18,2	2,1	3,2
4.1.2.4	Proponer acciones correctivas	9,0	18,0	30,0	18,5	2,5	3,5
4.1.2.5	Presentar informe y acta de seguimiento	2,5	4,5	7,5	4,7	0,2	0,8

Código WBS	Actividad	O (Optimista)	M (Más probable)	P (Pesimista)	TE (Duración esperada)	Varianza	Desviación estándar
5.1.1.1	Verificar entregables	7,0	14,0	22,0	14,2	1,5	2,5
5.1.1.2	Revisar criterios de aceptación	7,0	14,0	22,0	14,2	1,4	2,5
5.1.1.4	Registrar lecciones aprendidas	8,0	16,0	25,0	16,2	1,7	2,8
5.1.1.5	Obtener aprobación final del patrocinador	6,0	12,0	20,0	12,3	1,2	2,3

Fuente: Construcción del autor.

La duración esperada, o TE, es el dato fundamental sobre el que se basa el cronograma. Con esta lista, es posible crear fácilmente la red de actividades y el diagrama de Gantt, tanto en MS Project como en Excel. La varianza se calcula usando una fórmula bastante simple:

$$((P - O)/6)^2$$

Este cálculo es especialmente útil cuando se trata de analizar la incertidumbre o determinar la ruta crítica en un proyecto.

Ver anexo: Anexo B. PERT ACTIVIDADES

b. Línea Base Tiempo Cuando una propuesta ha sido aprobada, es importante tener en cuenta que cualquier posterior modificación exigirá seguir un proceso de control de cambios adecuado y formal. En un proyecto, hay una referencia fundamental: la línea base de tiempo. Esto es básicamente el cronograma que se ha aprobado, y se utiliza como punto de partida para medir el progreso y llevar un control efectivo sobre el desarrollo del proyecto.

Se deben considerar la secuencia de pasos a seguir y el tiempo aproximado que cada actividad tomará. Las fechas de inicio y fin también deben ser definidas claramente. Esto permitirá tener una visión completa del proceso, incluyendo cuándo se espera que empiece y termine cada parte del proyecto.

Supuestos de elaboración

- El proyecto inicia el 1 de abril de 2024.

- Las duraciones provienen de la estimación PERT beta-normal.
- Se asume una jornada de trabajo de lunes a sábado.
- Las dependencias entre actividades se definen con relaciones Fin–Inicio (FS) salvo que se indique lo contrario.

Tabla 62. Línea base de tiempo del proyecto resumida de ruta crítica

Cuenta de control	Componentes de entregables	Paquete de trabajo	Duración (días)
Elaboración del Project Charter	Revisión de información preliminar	Recolección de datos internos de Maquinobras S.A.S.	11,10
		Validación de datos con patrocinador	26,89
		Documentación de acuerdos iniciales	17,29
		Aprobación formal del acta de constitución	22,96
		Definición de entregables	58,22
Plan de Gestión del Alcance	Declaración del alcance	Criterios de aceptación	58,22
		Validación con patrocinador	20,40
		Emisión documento final de alcance	59,40
		Selección de maquinaria para prueba piloto	14,96
Implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo y Predictivo	Ejecución del plan piloto en obra	Instalación de sistemas de monitoreo	18,68
		Recolección de datos en campo	10,51
		Análisis preliminar de desempeño	14,77
		Ajustes operativos iniciales	18,00
		Revisión de indicadores KPI	Cumplimiento de cronograma de mantenimiento
Control de desempeño de la maquinaria	Reporte mensual a patrocinador	Consolidación de datos	18,00
		Análisis comparativo con línea base	25,99
		Propuesta de acciones correctivas	18,60
		Presentación de informe y acta de seguimiento	4,70
		Verificación de entregables	16,58
Cierre de fases y del proyecto	Elaboración de acta de cierre	Revisión de criterios de aceptación	24,78
		Registro de lecciones aprendidas	16,20
		Aprobación final del patrocinador	12,40
Sumatoria			425,77 días

Fuente: Construcción del autor.

- Duración total del proyecto: 426 días.

Análisis de la línea base

1. Estructura y trazabilidad. En la práctica, tener una estructura clara y poder hacer un seguimiento de todo es fundamental. Al organizarse los paquetes de trabajo según cuentas de control y los distintos elementos de lo que se va a entregar, se logra unir las tres partes clave de cualquier proyecto: el alcance, el tiempo y el costo. Así, se puede informar sobre el progreso sin que el cuerpo principal del documento se vuelva demasiado complejo. (el detalle de actividades queda en anexos y en el cronograma).

Ver anexo: Anexo D. CRONOGRAMA

2. Camino determinante. En esta fase, las tareas que requieren más tiempo son las que realmente hacen avanzar las cosas. Estas incluyen poner en marcha el plan P&P, sobre todo cumplir con el cronograma de mantenimiento, recopilar datos sobre el terreno y analizar cómo va todo al principio. En resumidas cuentas, son estas actividades las que señalan el camino a seguir y deben recibir especial atención en el seguimiento.
3. Front-loading de definición. La clave para evitar problemas más adelante está en dedicar tiempo desde el principio para definir bien las cosas. En el plan de gestión del alcance, es fundamental clarificar qué se va a entregar y establecer criterios claros para saber si lo que se entrega es satisfactorio. Al hacerlo, no solo se ahorran horas de trabajo durante la ejecución, sino que también se aumentan las posibilidades de cumplir con los indicadores clave de rendimiento de la manera esperada.

4. Riesgos de cronograma. Los riesgos relacionados con el cronograma son especialmente preocupantes. En particular, las actividades que se llevan a cabo en el campo y aquellas que requieren la aprobación del patrocinador son muy susceptibles a los retrasos. Para evitar problemas, es fundamental garantizar que haya momentos adecuados para el mantenimiento, que haya repuestos disponibles cuando sean necesarios y que la agenda de aprobaciones esté bien organizada. De esta manera, se pueden prevenir cuellos de botella que podrían afectar negativamente el avance del proyecto.
5. Control periódico. Para garantizar que todo marche según lo planeado, es necesario establecer un control periódico. Este proceso de control se basa en cuatro etapas fundamentales: consolidar la información disponible, comparar los resultados obtenidos con los objetivos planteados, proponer ajustes según sea necesario y presentar los hallazgos y recomendaciones. Mantener esta rutina de revisión permitirá identificar posibles desviaciones de manera temprana y, en consecuencia, aplicar las acciones correctivas necesarias sobre el plan de mantenimiento, asegurando así su efectividad y garantizando que los objetivos sean alcanzados de manera óptima.
6. Cierre efectivo. Al finalizar un proyecto, es fundamental llevar a cabo un cierre efectivo. Esto implica completar cuatro tareas clave: se verifica que todo esté en orden, se revisan los detalles para asegurarse de que no se haya pasado nada por alto, se registran los resultados y se aprueba el cierre oficial. Esto asegura que se obtenga una aceptación formal y, lo que es aún más importante, se capturen las

lecciones aprendidas durante el proceso, lo cual es esencial para mantener el sistema P&P funcionando de manera sostenible.

c. Diagrama de Red Se utilizó Microsoft Project para crear el diagrama de red del proyecto, aplicando el método de diagramación por precedencias. Esto permitió representar de manera lógica y secuencial la relación entre todas las actividades definidas en la estructura de desglose del trabajo. El diagrama es una herramienta útil para visualizar el flujo completo de ejecución del proyecto. Con él, se pueden identificar los caminos de dependencia entre tareas, determinar qué actividades pueden desarrollarse al mismo tiempo y encontrar la ruta crítica, que es el factor que determina la duración mínima del proyecto. Esto proporciona una perspectiva clara de cómo se relacionan las diferentes partes del proyecto y ayudan a entender cómo afectan la duración total.

La configuración del diagrama se realizó con las predecesoras y relaciones de dependencia previamente establecidas, asegurando coherencia con el cronograma y la línea base de tiempo. Se emplearon dependencias de tipo Fin–Inicio (FS) como estándar, además de algunas relaciones Fin–Fin (FF) o Inicio–Inicio (SS) cuando la naturaleza de las tareas lo permitía, optimizando así la duración total del proyecto.

El resultado es un diagrama cerrado, donde cada actividad tiene algo que la precede y algo que la sigue, excepto al principio y al final del proyecto. De esta manera, se evitan tareas aisladas y se obtiene un plan más resistente. Este plano servirá como base para llevar un control y seguimiento, lo que ayudará a detectar cualquier desviación y tomar medidas correctivas o preventivas a medida que se avanza en el proyecto.

Ver anexo: Anexo C. DIAGRAMA RED

d. Cronograma – Diagrama de Gantt, Donde se Identifique la Ruta Crítica El

proyecto “Gestión de Maquinaria Pesada: Reducción de Riesgos Operativos y Tiempos Muertos no Planificados en Proyectos de Construcción” tiene un cronograma detallado, creado con MS Project. Esto implica más de 200 líneas. La duración total de este proyecto es de 426 días corridos, entre el 1 de abril de 2024 y el 3 de octubre de 2025.

La planificación consiste básicamente en organizar una serie de actividades en una secuencia coherente, que se divide en cinco etapas clave: Inicio, Planeación, Ejecución, Monitoreo y Control, y Cierre. Existe lo que se conoce como la ruta crítica, que liga las tareas esenciales para determinar la fecha de finalización de un proyecto. Esta ruta se identifica automáticamente mediante herramientas como MS Project. Las tareas que forman parte de esta ruta crítica están tan ajustadas que cualquier retraso en su realización puede influir directamente en el plazo total del proyecto.

El análisis muestra que la ruta crítica atraviesa de forma transversal actividades de las fases de Planeación, Ejecución y Cierre, siendo especialmente relevantes:

- Fase 2 – Planeación: tareas de la Declaración del Alcance, Documento de Requisitos y Matriz de Trazabilidad de Requisitos, cuya extensión en el tiempo y dependencias determinan el inicio oportuno de la ejecución.
- Fase 3 – Ejecución: implementación del plan piloto y actividades de capacitación técnica, con alta dependencia de insumos de planeación y sin holguras significativas.
- Fase 4 – Monitoreo y Control: revisión de indicadores KPI y reportes mensuales, que condicionan la validación y ajustes previos al cierre.

- Fase 5 – Cierre: elaboración y firma del acta de cierre, última actividad en la cadena crítica que define la fecha final del proyecto.

Al analizar los procesos, se ve que algunas tareas no clave pueden solaparse un poco, lo que ayuda a usar los recursos de forma más eficiente. Sin embargo, cuando se mira la forma en que cada tarea depende de las demás, resulta que la flexibilidad se encuentra sobre todo en tareas administrativas y de apoyo, mientras que las tareas verdaderamente importantes son mayoritariamente de carácter técnico y de control.

En la práctica, cuando es posible ver claramente qué está en juego, es más fácil decidir a qué dar prioridad. Si se sabe dónde está el cuello de botella, se puede asignar recursos de manera más efectiva. Además, al tener una secuencia de eventos clave, llevar un registro del progreso y tomar decisiones informadas sobre cómo avanzar es más fácil.

Un cronograma bien estructurado es fundamental para el seguimiento del proyecto. Con herramientas como los indicadores de Valor Ganado, se puede medir cómo va el progreso físico en relación con el gasto. Esto es útil para prever posibles retrasos y tomar medidas correctivas antes de que sean demasiado tarde. De esta manera, es posible mantener el proyecto en marcha y garantizar que se cumplan los objetivos planteados.

Ver anexo: Anexo D. CRONOGRAMA

e. Nivelación de Recursos y Uso de Recursos En el cronograma del proyecto, hay una distribución detallada de cómo se asignarán las horas de trabajo, tanto de las personas como de las máquinas, y el consumo de materiales a lo largo de cada fase: desde el inicio hasta el cierre, pasando por la planeación, ejecución, monitoreo y control. Para optimizar el uso de los recursos, se utilizó MS Project para minimizar la sobreasignación de tareas y asegurarse de que el personal, la maquinaria y los materiales estén aprovechados de la mejor manera posible. Esto

ayudó a asegurar que cada elemento estuviera utilizado de manera eficiente en cada etapa del proyecto.

Los resultados reflejan que los recursos críticos en cuanto a carga de trabajo son:

- Director de Proyecto: 2.585,88 horas (actividad de mayor dedicación, con participación en todas las fases, principalmente en coordinación, aprobación y supervisión).
- Coordinador Operativo: 1.338,28 horas (foco en validación técnica, supervisión operativa y coordinación de campo).
- Asistente Administrativo: 1.996,64 horas (gestión documental, control de registros y soporte administrativo en todas las fases).

En este caso, hay otros empleados que también juegan un papel importante, como el Mecánico Jefe, que dedica un total de 1.025,32 horas a su trabajo, y los operadores de maquinaria, que trabajan alrededor de 387,8 horas cada uno. La carga de trabajo de estos empleados se concentra sobre todo en las etapas de ejecución y control. Por otro lado, los recursos materiales como el combustible, los lubricantes y los kits de mantenimiento se consumen en función de tareas operativas específicas.

La nivelación permitió:

Es importante asegurarse de que personas clave, como el Director de Proyecto y el Coordinador Operativo, no estén involucradas en dos tareas importantes al mismo tiempo. Para mejorar la eficiencia, ayuda reordenar las tareas que no son fundamentales y ajustar el flujo de trabajo de modo que la carga se distribuya de manera más uniforme, sin que se vea afectada la secuencia de pasos clave. Para evitar retrasos innecesarios, es fundamental asegurarse de que el equipo pesado y los materiales necesarios estén disponibles en el momento justo. De esta

manera, se minimizan los tiempos de inactividad no previstos y se mantiene un flujo de trabajo eficiente en la obra. La coordinación y planificación cuidadosa son clave para lograr que todos los recursos estén utilizándose de la manera más efectiva posible.

La nivelación abrió el camino para que muchas cosas sucedieran, permitió avanzar en diferentes aspectos al llevar todo a un plano de igualdad. Con esto, desaparecían las grandes diferencias y podían iniciarse procesos de mejora a través de la equiparación de condiciones iniciales, donde todos los elementos estuvieran en una misma situación. Esto a su vez, generó oportunidades para mejorar y avanzar de forma simultánea, sin grandes distancias entre diferentes partes, al tener una línea base homogénea para partir.

En términos de uso de recursos, el cronograma refleja un equilibrio entre fases administrativas y técnicas:

- Fases iniciales (Inicio y Planeación) concentran el mayor uso de horas administrativas y de dirección.
- Fase de Ejecución demanda alta interacción entre operadores, mecánicos y maquinaria, con picos de consumo de insumos (combustible, lubricantes, kits).
- Fases de Monitoreo y Control redistribuyen la carga hacia análisis de datos, elaboración de reportes y toma de decisiones estratégicas.
- Cierre concentra esfuerzos en validación, documentación final y entrega oficial de resultados.

Este balance asegura la viabilidad del cronograma, optimiza los costos asociados a recursos y mantiene la capacidad de respuesta ante imprevistos.

Ver anexo: Anexo E. VISIÓN GENERAL DE LOS RECURSOS

3.2.5. Plan de Gestión del Costo

a. Línea Base de Costos La línea base del proyecto tiene un costo total de \$440.739.400. Estos costos se distribuyen en diferentes cuentas de control, según lo indica la EDT. En esta cantidad se incluyen reservas para cubrir imprevistos en las áreas que presentan un mayor riesgo, así como una reserva para gastos de gestión a nivel de proyecto, que solo se puede liberar a través de un control de cambios.

Distribución por fase (participación sobre el total):

- Planeación: \$145.094.200 (32,9%).
- Monitoreo y control: \$98.150.720 (22,3%).
- Ejecución: \$92.401.400 (21,0%).
- Cierre: \$56.113.000 (12,7%).
- Inicio: \$48.980.080 (11,1%).

El enfoque del proyecto impulsa la estructura de costos. Dado que se busca implementar un sistema de mantenimiento preventivo y predictivo sin necesidad de comprar nuevos activos, es lógico que gran parte del presupuesto se destine a dos aspectos clave: el diseño y la estandarización, que implican una fase de planeación exhaustiva, y la medición continua del desempeño, que incluye monitoreo y control exhaustivos. Esta distribución del presupuesto subraya la importancia de planificar bien el proyecto y supervisar constantemente cómo avanza para asegurar su éxito.

Tabla 63. Línea base de costos para ruta crítica

Código WBS	Nombre de tarea	Duración	Costo
	Gestión de Maquinaria Pesada: Reducción de Riesgos Operativos y Tiempos Muertos no Planificados en Proyectos de Construcción	425,77 días	\$ 440.739.400
1	INICIO	58,86 días	\$ 48.980.080

Código WBS	Nombre de tarea	Duración	Costo
1.1	Elaboración del Project Charter	58,86 días	\$ 48.980.080
1.1.1	Revisión de información preliminar	58,86 días	\$ 48.980.080
1.1.1.1	Recolección de datos internos de Maquinobras S.A.S.	11,1 días	\$ 13.185.680
1.1.1.3	Validación de datos con patrocinador	26,89 días	\$ 7.808.000
1.1.1.4	Documentación de acuerdos iniciales	17,29 días	\$ 5.848.000
1.1.1.5	Aprobación formal del acta de constitución	22,96 días	\$ 12.636.000
2	PLANEACIÓN	154,92 días	\$ 145.094.200
2.1	Plan de Gestión del Alcance	154,92 días	\$ 145.094.200
2.1.1	Declaración del alcance	142,02 días	\$ 60.446.400
2.1.1.1	Definición de entregables	58,22 días	\$ 15.891.200
2.1.1.2	Criterios de aceptación	58,22 días	\$ 11.311.200
2.1.1.4	Validación con patrocinador	20,4 días	\$ 14.464.000
2.1.1.5	Emisión documento final de alcance	59,4 días	\$ 7.360.000
3	EJECUCIÓN	82,92 días	\$ 92.401.400
3.1	Implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo y Predictivo	82,92 días	\$ 92.401.400
3.1.2	Ejecución del plan piloto en obra	76,91 días	\$ 58.692.400
3.1.2.1	Selección de maquinaria para prueba piloto	14,96 días	\$ 9.496.000
3.1.2.2	Instalación de sistemas de monitoreo	18,68 días	\$ 13.060.800
3.1.2.3	Recolección de datos en campo	10,51 días	\$ 7.978.600
3.1.2.4	Análisis preliminar de desempeño	14,77 días	\$ 14.822.000
3.1.2.5	Ajustes operativos iniciales	18 días	\$ 13.335.000
4	MONITOREO Y CONTROL	75,7 días	\$ 98.150.720
4.1	Control de desempeño de la maquinaria	75,7 días	\$ 98.150.720
4.1.1	Revisión de indicadores KPI	67 días	\$ 48.104.320
4.1.1.5	Cumplimiento de cronograma de mantenimiento	32,53 días	\$ 10.824.000
4.1.2	Reporte mensual a patrocinador	67,7 días	\$ 50.046.400
4.1.2.1	Consolidación de datos	18 días	\$ 9.245.200
4.1.2.2	Análisis comparativo con línea base	25,99 días	\$ 12.048.000
4.1.2.4	Propuesta de acciones correctivas	18,6 días	\$ 15.472.000
4.1.2.5	Presentación de informe y acta de seguimiento	4,7 días	\$ 1.968.000
5	CIERRE	53,38 días	\$ 56.113.000
5.1	Cierre de fases y del proyecto	53,38 días	\$ 56.113.000
5.1.1	Elaboración de acta de cierre	53,38 días	\$ 56.113.000

Código WBS	Nombre de tarea	Duración	Costo
5.1.1.1	Verificación de entregables	16,58 días	\$ 16.012.800
5.1.1.2	Revisión de criterios de aceptación	24,78 días	\$ 6.528.000
5.1.1.4	Registro de lecciones aprendidas	16,2 días	\$ 16.784.000
5.1.1.5	Aprobación final del patrocinador	12,4 días	\$ 8.816.000

Fuente: Construcción del autor.

Principales impulsores de costo (paquetes de trabajo):

- Revisión de indicadores KPI: \$48.104.320 (10,9% del total).
- Ejecución del plan piloto en obra: \$58.692.400 (13,3%).
- Reporte mensual a patrocinador: \$50.046.400 (11,3%).

Estos tres componentes representan casi un tercio del presupuesto total, con un 35,6%.

Debido a su peso, son fundamentales a la hora de controlar los gastos, requiriendo un seguimiento más riguroso y un análisis detallado cada mes.

Lectura por cuentas de control:

- Implementación del Plan P&P (Ejecución, 21,0%): La implementación del Plan P&P, que ocupa el 21,0% del gasto operativo, se enfoca en los trabajos de campo, como la instalación del monitoreo, la toma y análisis de datos, y los ajustes necesarios. Para asegurar una buena calidad de los datos, es fundamental seguir una secuencia adecuada, lo que puede afectar directamente la disponibilidad y permitir reducir los tiempos muertos.
- Control de desempeño de la maquinaria (22,3%): Aproximadamente un cuarto de los esfuerzos se centra en el seguimiento del desempeño de la maquinaria, unos 22,3%. Esto comprende verificar constantemente los indicadores clave de rendimiento y enviar informes regulares al patrocinador. En cierto modo, se trata del costo inherentemente necesario para mantener el nivel de mejora logrado y,

por supuesto, evitar regresar a prácticas de mantenimiento reactivo que pueden ser menos eficientes. Este proceso es fundamental para poder capturar todos los beneficios posibles y sostener el ritmo de progreso alcanzado.

- Plan de Gestión del Alcance (32,9%): En términos de gestión, tener un plan bien definido es crucial. La parte del plan que se dedica a la gestión del alcance es especialmente importante, ya que abarca alrededor del 32,9% del esfuerzo total. Esta parte se enfoca en definir claramente qué se va a entregar, estableciendo criterios claros para saber cuándo un trabajo está completado y validado. Un diseño fuerte y detallado ayuda a evitar problemas a la larga. Si se hace bien desde el principio, se pueden reducir los costos y evitar trabajar dos veces en algo.

Riesgos y supuestos financieros relevantes:

La reserva de gestión está separada de las cuentas operativas y solo se puede utilizar si la CCB da su aprobación. De esta manera, se garantiza que la línea base original se mantenga intacta. Los costos de medición y reporte están directamente relacionados con la calidad y la oportunidad de los datos disponibles. Es probable que haya ajustes necesarios al principio, especialmente durante el primer trimestre de operación, para asegurar la estabilización tanto del tablero como de los flujos de información. En el campo, el costo de pilotar, recopilar y analizar datos resulta ser especialmente vulnerable a retrasos causados por la falta de disponibilidad de equipos o repuestos, así como por las ventanas de intervención limitadas. Para abordar esto, se han establecido reservas de contingencia que se distribuyen entre estos paquetes específicos.

Cuando se consideran las finanzas, hay unos cuantos puntos clave que deben tenerse en cuenta. Por un lado, están los riesgos. Estos son factores que podrían afectar las decisiones o los resultados financieros de manera negativa. A su vez, también hay supuestos financieros

relevantes que juegan un papel importante en la toma de decisiones informadas. Estos supuestos se basan en datos, tendencias y experiencias pasadas que ayudan a predecir resultados futuros, aunque es esencial reconocer que no siempre se cumplen con precisión. Al entender y evaluar tanto los riesgos como los supuestos financieros, se puede obtener una visión más completa y realista de la situación financiera.

Conclusión:

El enfoque en el diseño metódico, instalación de capacidades y control del desempeño es crucial. Estos aspectos deben alinearse con los objetivos SMART, como los establecidos por el proyecto. Al centrarse en aspectos clave de desempeño y en informes detallados, se pueden identificar áreas donde aplicar esfuerzos para obtener mejores resultados. Una gestión estricta y minuciosa de estos elementos puede llevar a reducir notablemente los tiempos de inactividad ($\geq 30\%$) y mejorar significativamente la rentabilidad, tal como se ha propuesto.

b. Presupuesto por Actividades El proyecto “Gestión de Maquinaria Pesada: Reducción de Riesgos Operativos y Tiempos Muertos no Planificados en Proyectos de Construcción” tiene un presupuesto de \$440.739.400 COP. Este monto se dividirá en las cinco etapas clave del proyecto. Para asignar los recursos, se analizaron diversos factores como la duración de cada tarea, la carga de trabajo asignada, los costos de cada unidad y el uso de materiales y mano de obra. Con estos detalles, se pudo planificar la asignación de recursos de manera efectiva en cada fase del proyecto.

Tabla 64. Presupuesto por actividades principales

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Costo
Gestión de Maquinaria Pesada: Reducción de Riesgos Operativos y Tiempos Muertos no Planificados en Proyectos de Construcción	425,77 días	lun 1/04/24	vie 3/10/25	\$ 440.739.400

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Costo
INICIO	58,86 días	lun 1/04/24	jue 13/06/24	\$ 48.980.080
PLANEACIÓN	154,92 días	jue 13/06/24	vie 27/12/24	\$ 145.094.200
EJECUCIÓN	82,92 días	vie 27/12/24	sáb 12/04/25	\$ 92.401.400
MONITOREO Y CONTROL	75,70 días	sáb 12/04/25	vie 25/07/25	\$ 98.150.720
CIERRE	53,38 días	vie 25/07/25	vie 3/10/25	\$ 56.113.000

Fuente: Construcción del autor.

Distribución por Fases Principales:

- Inicio: \$48.980.080 (11,1% del presupuesto total)
 - Costos asociados principalmente a levantamiento de información, identificación de interesados, elaboración del Project Charter y aprobación formal.
 - Alta concentración de actividades administrativas y de coordinación.
- Planeación: \$145.094.200 (32,9%)
 - Fase más extensa en duración y con fuerte carga de actividades de documentación, definición de alcance, requisitos, matriz de trazabilidad y criterios de aceptación.
 - Se incluyen costos de personal especializado, validaciones técnicas y herramientas de control documental.
- Ejecución: \$92.401.400 (21,0%)
 - Se concentran los gastos en capacitación técnica, ejecución del plan piloto, instalación y calibración de sistemas de monitoreo.
 - Alta participación de costos de operación de maquinaria, insumos técnicos y supervisión de campo.

- Monitoreo y Control: \$98.150.720 (22,3%)
 - Costos asociados al seguimiento de indicadores KPI, control de disponibilidad de equipos, análisis de tiempos muertos y ejecución de medidas correctivas.
 - Participación constante de personal operativo y administrativo para consolidación de datos y reportes.
- Cierre: \$59.113.000 (12,7%)
 - Comprende verificación final de entregables, liberación de recursos, liquidaciones, documentación de lecciones aprendidas y aprobación del cierre.

Análisis de Concentración de Costos:

- En cualquier proyecto, la planeación es lo que más recurso requiere, ya que implica documentar todo con detalle, evaluar técnicas y validar cada paso. Esto se hace para prevenir problemas que puedan surgir después, cuando se esté llevando a cabo el proyecto en sí.
- En segundo lugar, viene el monitoreo y control, lo cual indica que el proyecto está diseñado para mantener un estricto seguimiento y asegurarse de que se alcancen los objetivos sin dejar que nada quede abandonado, aprovechando así al máximo el tiempo disponible.
- La ejecución tiene un peso significativo, aunque menor que el de la planeación y el monitoreo. Esto indica que la mayor parte del presupuesto se asigna a la planificación y el control, más que a la ejecución en sí. Esto es coherente con las

prácticas más comunes en proyectos que buscan reducir riesgos, donde la planificación y el seguimiento son fundamentales.

Lo crucial es tener un control firme sobre las tareas más importantes y costosas, especialmente cuando se trata de planificar y monitorear. De esta manera, se podrán evitar desviaciones que podrían afectar negativamente el presupuesto general.

La forma en que se distribuyen los costos en este proyecto encaja perfectamente con la estrategia general. El énfasis está en planificar con todos los detalles y mantener un control estricto sobre todo lo que sucede, básicamente para asegurarse de que todo salga de la manera más eficiente posible.

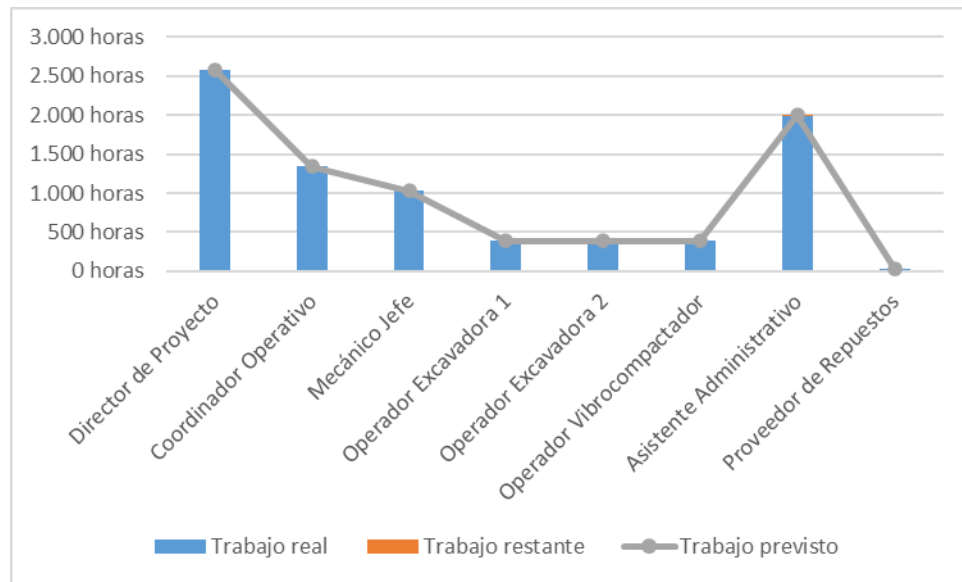
Ver anexo: Anexo F. PRESUPUESTO ACTIVIDADES

c. Estructura de Desagregación de Recursos ReBS La Estructura de Desagregación de Recursos es un reflejo de cómo se distribuyen los recursos en un proyecto. En este caso, se refiere al proyecto de “Gestión de Maquinaria Pesada: Reducción de Riesgos Operativos y Tiempos Muertos no Planificados en Proyectos de Construcción” que busca reducir los riesgos y los tiempos muertos no planificados en la construcción. Se trata de una distribución jerárquica y cuantitativa, es decir, muestra cómo se asignan los recursos de manera detallada y organizada. Estos recursos se dividen básicamente en tres categorías: los recursos humanos, los equipos y los materiales. Cada una de estas categorías es esencial para el desenvolvimiento del proyecto y tiene un impacto directo en su éxito.

Esta estructura es parte de la ReBS, que puede considerarse como una especie de mapa que guía la asignación de recursos, permitiendo una mejor planificación y seguimiento del proyecto. Al tener una visión clara de cómo se están utilizando los recursos, es posible hacer

ajustes y decisiones informadas para asegurarse de que el proyecto se completa de manera efectiva y eficiente.

Figura 12. Estadísticas de recursos



Fuente: Construcción del autor.

La gráfica muestra tres dimensiones:

- Trabajo real (en azul): horas efectivamente ejecutadas a la fecha.
- Trabajo restante (en naranja): horas aún pendientes para completar la planificación.
- Trabajo previsto (línea gris): horas totales inicialmente planificadas por recurso.

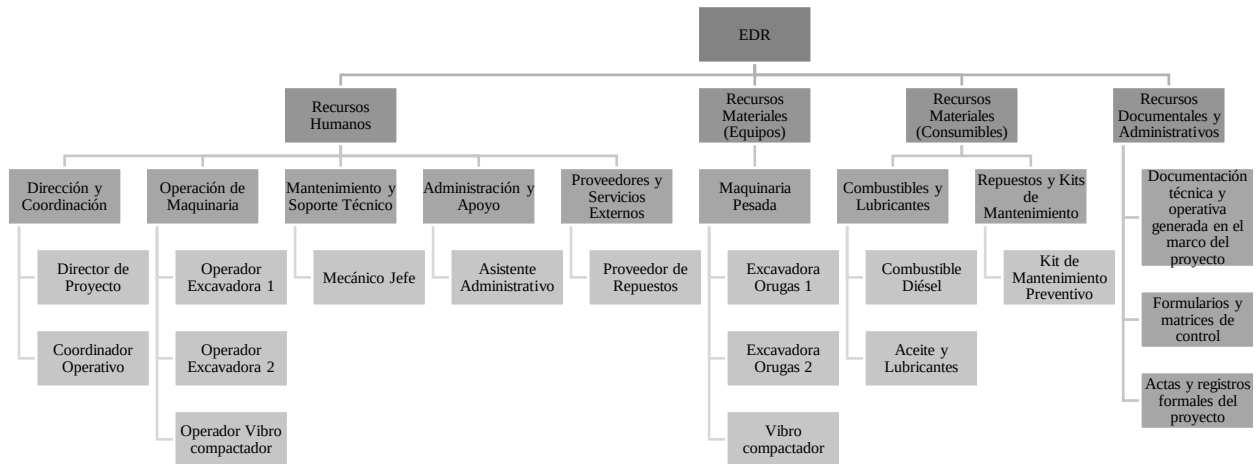
1. Interpretación de la gráfica ReBS

- Mayor carga de trabajo:
 - Los puestos de Director de Proyecto y Coordinador Operativo tienen las cargas de trabajo más altas, con aproximadamente 2.600 y 1.400 horas previstas respectivamente. Esto refleja la importancia de estos roles en la gestión y supervisión generales del proyecto.

- El trabajo de Asistente Administrativo supone una carga notable, con alrededor de 2.000 horas, lo que muestra su papel fundamental en tareas como soporte documental, vigilancia y control en diversos ámbitos de la organización.
- Carga media:
 - El jefe mecánico juega un papel fundamental con alrededor de 1.000 horas de trabajo planificadas. Esto deja claro su importancia en materia de mantenimiento y asistencia técnica.
- Carga baja:
 - Los operadores de maquinaria, como los de la Excavadora 1, la Excavadora 2 y el Vibro compactador, acumularon valores similares y relativamente bajos, alrededor de 350 a 400 horas para cada una. Esto se debe a que estuvieron asociados a tareas específicas y de menor duración.
 - Este proveedor de repuestos tiene una carga mínima, lo cual se ajusta a su participación ocasional en el suministro de materiales y repuestos.

2. Relación con la EDR

Figura 13. EDR



Fuente: Construcción del autor.

La EDR jerárquica previamente definida se valida con esta gráfica, ya que:

- En lo más alto de la estructura, encontramos a los recursos humanos con mayor calibre, tales como Dirección, Coordinación y Administración. Estos puestos demandan la mayor cantidad de tiempo, lo cual es lógico si se tiene en cuenta la importancia que tienen en planificar, controlar y finalizar proyectos y tareas de gran relevancia.
- En términos de recursos técnicos, el Mecánico Jefe y los Operadores tienen un peso específico en función de la duración y la intensidad de las operaciones cotidianas. Esto afecta directamente su disponibilidad y capacidad de respuesta.
- Cuando se trata del proveedor de repuestos, los recursos externos y su soporte funcionan con cargas bajas, ajustadas a como intervienen puntualmente.
- En general, se asignan más horas a aquellos que tienen mayor responsabilidad y control, como es de esperar. Por otro lado, los roles especializados suelen recibir

cargas de trabajo más específicas y centradas. Esto permite un mayor enfoque en sus áreas.

3. Hallazgos clave

En general, hay un buen equilibrio cuando se asignan roles, lo que evita que demasiados recursos técnicos y operativos se concentren en un solo lugar. El hecho de que se dediquen tantas horas a la Dirección y Coordinación indica que estas funciones son centrales para controlar el proyecto. Sin embargo, esto también puede representar un peligro potencial si no se abordan posibles cuellos de botella que podrían afectar su funcionamiento.

Tabla 65. Distribución de recursos

Nombre del recurso	Tipo	Etiqueta de material	Iniciales	Grupo	Capacidad máxima	Tasa estándar	Tasa horas extra	Costo/Unidad	Acumular	Calendario base
Director de Proyecto	Trabajo		DP	Dirección	100%	\$ 80.000,00/hora	\$ 120.000,00/hora	\$ 0,00	Prorrato	Calendario Maquinobras
Coordinador Operativo	Trabajo		CO	Operaciones	100%	\$ 55.000,00/hora	\$ 82.500,00/hora	\$ 0,00	Prorrato	Calendario Maquinobras
Mecánico Jefe	Trabajo		MJ	Mantenimiento	100%	\$ 50.000,00/hora	\$ 75.000,00/hora	\$ 0,00	Prorrato	Calendario Maquinobras
Operador Excavadora 1	Trabajo		OE1	Operaciones	100%	\$ 40.000,00/hora	\$ 60.000,00/hora	\$ 0,00	Prorrato	Calendario Maquinobras
Operador Excavadora 2	Trabajo		OE2	Operaciones	100%	\$ 40.000,00/hora	\$ 60.000,00/hora	\$ 0,00	Prorrato	Calendario Maquinobras
Operador Vibro compactador	Trabajo		OVC	Operaciones	100%	\$ 38.000,00/hora	\$ 57.000,00/hora	\$ 0,00	Prorrato	Calendario Maquinobras
Asistente Administrativo	Trabajo		AA	Administración	100%	\$ 30.000,00/hora	\$ 45.000,00/hora	\$ 0,00	Prorrato	Calendario Maquinobras
Proveedor de Repuestos	Trabajo		PR	Abastecimiento	50%	\$ 0,00/hora	\$ 0,00/hora	\$ 50.000,00	Comienzo	Calendario Maquinobras
Excavadora Orugas 1	Material	Horas uso	EO1	Maquinaria Pesada		\$ 150.000,00		\$ 0,00	Prorrato	

Nombre del recurso	Tipo	Etiqueta de material	Iniciales	Grupo	Capacidad máxima	Tasa estándar	Tasa horas extra	Costo/Unidad	Acumular	Calendario base
Excavadora Orugas 2	Material	Horas uso	EO2	Maquinaria Pesada		\$ 150.000,00		\$ 0,00	Prorrato	
Vibro compactador	Material	Horas uso	VC	Maquinaria Pesada		\$ 130.000,00		\$ 0,00	Prorrato	
Combustible Diésel	Material	Galón	DIE	Suministros		\$ 12.000,00		\$ 0,00	Prorrato	
Aceite y lubricantes	Material	Litro	ACE	Suministros		\$ 15.000,00		\$ 0,00	Prorrato	
Kit de mantenimiento preventivo	Material	Unidad	KIT	Suministros		\$ 300.000,00		\$ 0,00	Prorrato	

Fuente: Construcción del autor.

Recursos de trabajo (humanos)

- Incluyen perfiles directivos, operativos, técnicos y administrativos.
- Capacidades máximas: todos con disponibilidad del 100%, excepto el Proveedor de Repuestos (50%), lo que refleja su intervención puntual.
- Tasas estándar y horas extra diferenciadas según nivel de especialización y responsabilidad:
 - Más altos: Director de Proyecto (\$80.000/h estándar, \$120.000/h extra) y Coordinador Operativo (\$55.000/h estándar, \$82.500/h extra).
 - Medios: Mecánico Jefe (\$50.000/h estándar, \$75.000/h extra).
 - Bajos: Operadores (\$38.000–\$40.000/h estándar), Asistente Administrativo (\$30.000/h estándar).
- El Proveedor de Repuestos no tiene tasa por hora, sino un costo fijo por uso de \$50.000, lo que es coherente con su rol de suministro.

Recursos de material

- Asociados a maquinaria pesada y consumibles.
- Maquinaria: Excavadora Orugas 1, Excavadora Orugas 2 y Vibro compactador, con costos por hora de uso entre \$130.000 y \$150.000.
- Insumos: Combustible Diésel (\$12.000/galón), Aceite y lubricantes (\$15.000/litro) y Kit de mantenimiento preventivo (\$300.000/unidad).
- Todos están configurados con acumulación por prorrateo para reflejar su consumo real en función de las actividades.

Resulta evidente que los recursos humanos que más cuestan por hora, como Dirección y Coordinación, son también los que requieren mayor dedicación de tiempo, tal como se muestra en la gráfica ReBS. Esto subraya su importancia en la determinación del gasto total del proyecto. Los equipos y máquinas tienen un precio bastante alto a la hora de contratarlos, pero como normalmente solo se necesitan durante un período limitado, esto iguala su impacto en el presupuesto global del proyecto.

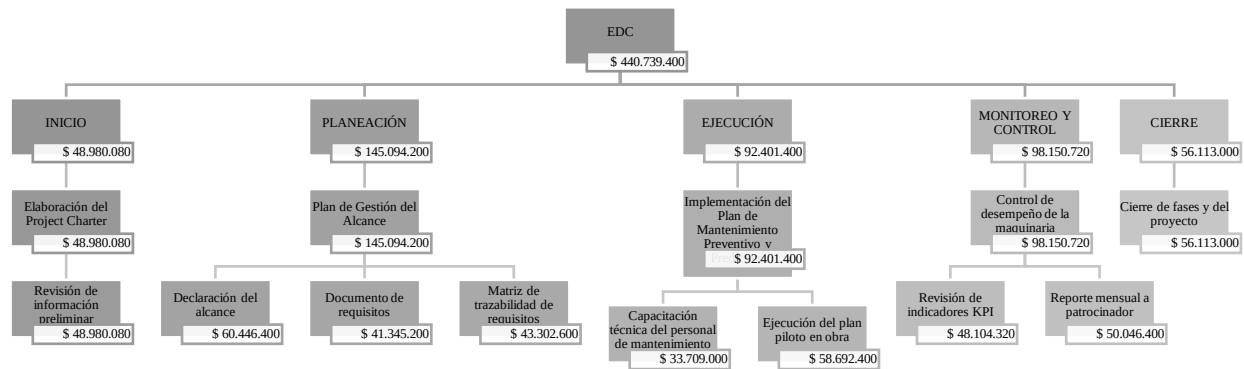
d. Estructura de Desagregación de Costos CBS La Desagregación de Costos CBS es básicamente una estructura que muestra los costos de un proyecto de manera jerárquica, siguiendo la misma organización que el EDT y relacionándolos con los paquetes de trabajo que ya han sido definidos. Esta estructura es muy útil para llevar un control detallado del presupuesto, medir cómo se está desempeñando el proyecto y combinarlo con el método del Valor Ganado, conocido como EVM.

En este proyecto, la CBS se ha estructurado en tres niveles:

- Nivel 1: Fases del proyecto (Inicio, Planeación, Ejecución, Monitoreo y Control, Cierre).
- Nivel 2: Paquetes de trabajo asociados a cada fase.

- Nivel 3: Actividades o entregables principales con asignación de costo.

Figura 14. EDC



Fuente: Construcción del autor.

El mayor porcentaje del presupuesto se destina a la Planeación, con un 32,9%, y al Monitoreo y Control, con un 22,3%. Esto indica lo importante que es tener una buena preparación y un seguimiento cuidadoso para evitar problemas y reducir los periodos de inactividad. La fase de Ejecución es bastante breve, pero clave, pues en ella se desarrollan la capacitación y la prueba piloto en obra, y todo esto supone casi una cuarta parte del presupuesto total, siendo exactamente el 21,0%. En lo que respecta a la parte económica, las etapas de Inicio y Cierre son relativamente menos significativas, con un 11,1% y un 12,7% respectivamente. Aunque no implican los mayores desembolsos, son fundamentales para asegurar que el proyecto comience y termine de manera formalmente correcta.

Ver anexo: Anexo F. PRESUPUESTO ACTIVIDADES

e. Indicadores de Medición de Desempeño En este proyecto, se establecen indicadores con base en la información inicial sobre costos, tiempos y estructura de desglose de trabajos. Todo esto lleva a poder aplicar una técnica específica que ayuda a medir el progreso: el valor ganado. Para evaluar cómo va un proyecto, es fundamental medir su desempeño. Esto se hace para ver cuánto se ha cumplido de lo que se propuso en términos de lo que se quería hacer, el tiempo que se tenía, el presupuesto y la calidad del trabajo.

1. Indicadores de Desempeño en Plazo

Tabla 66. Indicadores de Desempeño en Plazo

Indicador	Fórmula	Unidad	Interpretación
SV – Variación de Cronograma	$SV = EV - PV$	Moneda (\$) o días	Diferencia monetaria o temporal entre el valor ganado y el valor planificado. Un SV positivo indica adelanto, negativo retraso.
SPI – Índice de Desempeño de Cronograma	$SPI = EV / PV$	Razón	Mide la eficiencia en el uso del tiempo. Un valor mayor a 1 indica adelanto, menor a 1 indica retraso.
% Avance Programado	$(PV / BAC) \times 100$	%	Porcentaje del presupuesto planificado que debería haberse ejecutado a la fecha.
% Avance Real	$(EV / BAC) \times 100$	%	Porcentaje real ejecutado según el valor ganado.

Fuente: Construcción del autor.

2. Indicadores de Desempeño en Costos

Tabla 67. Indicadores de Desempeño en Costos

Indicador	Fórmula	Unidad	Interpretación
CV – Variación de Costo	$CV = EV - AC$	Moneda (\$)	Diferencia entre valor ganado y costo real. Positivo = ahorro, negativo = sobre costo.

Indicador	Fórmula	Unidad	Interpretación
CPI – Índice de Desempeño de Costo	$CPI = EV / AC$	Razón	Eficiencia en la ejecución del presupuesto. Mayor a 1 indica gasto eficiente, menor a 1 sobrecosto.
% Costo Ejecutado	$(AC / BAC) \times 100$	%	Proporción del presupuesto ya gastado respecto al total planificado.

Fuente: Construcción del autor.

3. Indicadores de Desempeño de Calidad y Operativos

Tabla 68. Indicadores de Desempeño de Calidad y Operativos

Indicador	Fórmula	Unidad	Interpretación
Disponibilidad Operativa de Maquinaria	$(\text{Horas operativas reales} / \text{Horas totales programadas}) \times 100$	%	Mide la proporción de tiempo en que la maquinaria estuvo disponible para operar.
Tiempo Muerto Operativo	$(\text{Horas inactivas} / \text{Horas totales programadas}) \times 100$	%	Porcentaje de tiempo improductivo. Meta $\leq 20\%$.
Tasa de Fallas Mecánicas	$(N^{\circ} \text{ fallas} / \text{Horas operativas}) \times 1.000$	Fallas/1.000 h	Evalúa confiabilidad del equipo. Meta: reducción $\geq 15\%$.
Cumplimiento de Mantenimiento Programado	$(\text{Órdenes de mantenimiento cumplidas} / \text{Órdenes programadas}) \times 100$	%	Mide el cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo y predictivo.
Optimización de Costos de Mantenimiento	$[(\text{Costos planificados} - \text{Costos reales}) / \text{Costos planificados}] \times 100$	%	Evalúa la eficiencia en el gasto de mantenimiento.

Fuente: Construcción del autor.

4. Integración con la Técnica del Valor Ganado

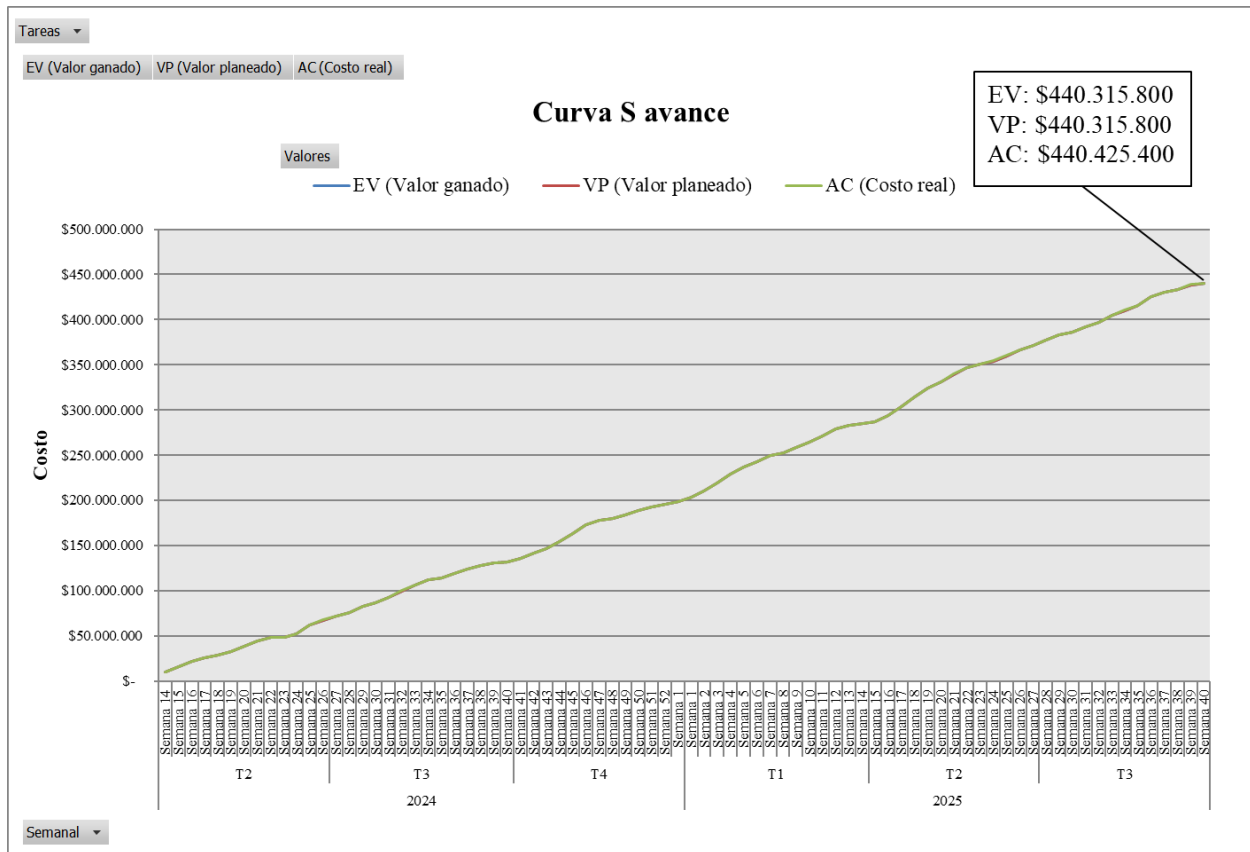
- BAC (Budget at Completion): \$440.739.400
- PV (Planned Value): Se tomará de la línea base de costos.

- EV (Earned Value): Se actualizará según avance físico y valor planificado por actividad.
- AC (Actual Cost): Se obtendrá de los reportes reales de costos.

Estos indicadores servirán para tener datos que puedan ser utilizados en las Curvas S de costo y avance. Además, permitirán generar informes para el patrocinador y para el equipo que sigue el progreso del proyecto.

f. Aplicación Técnica del Valor Ganado con Curvas S Avance El proyecto “Gestión de Maquinaria Pesada: Reducción de Riesgos Operativos y Tiempos Muertos no Planificados en Proyectos de Construcción”. Para evaluar su avance hasta el 1 de octubre de 2025, se aplicó la técnica de Valor Ganado. Esto implicó reunir datos sobre costos previstos, el valor del trabajo realmente completado y los gastos actuales. Todas estas cifras se obtuvieron del plan de proyecto y del presupuesto en MS Project. La técnica de Valor Ganado permitió analizar cómo marchaba el proyecto comparando lo planeado con lo realmente logrado. Este análisis se basó en curvas tipo S que muestran el avance de la obra a lo largo del tiempo, permitiendo una visión clara de si el proyecto estaba cumpliendo con los plazos y presupuestos establecidos.

Figura 15. Curva S avance



Fuente: Construcción del autor.

La gráfica presenta las tres curvas de Valor Ganado (EV), Valor Planificado (PV) y Costo Real (AC), representadas en color azul, rojo y verde respectivamente. Los valores de cada curva en el corte T3-2025 son los siguientes:

- EV (Valor Ganado): \$440.315.800
- PV (Valor Planificado): \$440.315.800
- AC (Costo Real): \$440.425.400

Interpretación de las curvas

1. Curva de Valor Planificado (PV) (roja)

La curva roja refleja el progreso del valor planificado acumulado hasta la fecha de corte. En general, sigue una pendiente suave hacia arriba. Esto es normal en proyectos con un avance

constante. La recta roja sube poco a poco, mostrando el avance planeado de acuerdo a como estaba diseñado inicialmente. Cuando se mira la gráfica, se puede ver que la curva sigue subiendo de manera tranquila y sin muchos altibajos, señal de que las cosas van como se esperaba.

2. Curva de Valor Ganado (EV) (azul)

La gráfica muestra una curva azul que refleja el valor ganado acumulado hasta la fecha en cuestión. En ella, se aprecia cómo el valor obtenido es ligeramente inferior al valor planificado en la mayoría de las semanas, lo que sugiere que, en general, el proyecto va un poco atrasado respecto a lo que se había planeado en un principio.

3. Curva de Costo Real (AC) (verde)

La curva verde muestra cómo ha ido el costo real acumulado del proyecto hasta ahora, el dinero total invertido hasta la fecha. En este caso, se observa que AC está por encima de EV, lo que significa que el proyecto ha tenido un gasto mayor al esperado. Hay varias razones que pueden explicar esta diferencia, como gastos operativos inesperados, un incremento en los costos de materiales o de la mano de obra, o simplemente porque la ejecución no ha sido lo suficientemente eficiente.

Tabla 69. Resultados de valor ganado obtenidos mediante Project al 1/10/25

Nombre del indicador	Sigla del indicador	Valor
Valor planeado	PV	\$ 440.315.800
Valor ganado	EV	\$ 440.315.800
Costo actual	AC	\$ 440.425.400
Variación de cronograma	SV	0
Variación del costo	CV	-\$ 109.600
Estimación a la conclusión	EAC	\$ 440.750.400
Variación a la conclusión	VAC	\$ 325.000
Variación del costo	CV%	-0,0002
Índice de desempeño del costo	CPI	0,9998

Nombre del indicador	Sigla del indicador	Valor
Índice de desempeño del cronograma	SPI	1
Presupuesto hasta la conclusión	BAC	\$ 440.750.400
Índice de desempeño del trabajo por completar	TCPI	1,3372
Variación del cronograma	SV%	-0,001098118

Fuente: Construcción del autor.

Análisis EVM basado en la tabla de resultados de valor ganado

1. Valor Planificado (PV): \$440.315.800

Este es el presupuesto programado para el trabajo planificado que debería haberse completado hasta la fecha.

2. Valor Ganado (EV): \$440.315.800

Este es el presupuesto del trabajo realmente completado a la fecha. La diferencia con el PV es nula, lo que indica que el avance físico no tiene retrasos.

3. Costo Actual (AC): \$440.425.400

Este es el costo real incurrido hasta la fecha. Si es superior a EV, indica que el proyecto está incurriendo en sobrecostos.

4. Variación de Cronograma (SV): 0

$SV = EV - PV$. La variación nula de cronograma indica que el proyecto está cumpliendo con las fechas previstas.

5. Variación del Costo (CV): -\$109.600

$CV = EV - AC$. La variación negativa de costo indica que el proyecto está incurriendo en sobrecostos. El costo real está ligeramente por encima del valor ganado, lo cual podría ser el resultado de algunos imprevistos o gastos adicionales.

6. Estimación a la Conclusión (EAC): \$440.750.400

$EAC = BAC / CPI$. Esto es una proyección basada en el desempeño actual ($CPI = 0.9998$), lo que implica que el proyecto probablemente termine con un ligero sobrecosto respecto al presupuesto original ($BAC = \$440.750.400$).

7. Variación a la Conclusión (VAC): \$325.000

$VAC = BAC - EAC$. Aunque el proyecto tiene una pequeña sobrecarga en los costos hasta la fecha, la variación es pequeña y podría recuperarse con una gestión eficiente en el futuro.

8. Índice de Desempeño del Costo (CPI): 0.9998

$CPI = EV / AC$. Este índice muestra que el proyecto está muy cerca de la eficiencia en costos. Un valor cercano a 1 indica que el proyecto está gastando lo esperado por cada unidad de trabajo completado, pero está en el límite de eficiencia.

9. Índice de Desempeño del Cronograma (SPI): 1

$SPI = EV / PV$. Este índice muestra que el proyecto está sin retrasos, ya que el SPI es 1. Aunque no hay desviación, se recomienda mantener los esfuerzos en continuar el ritmo de trabajo.

10. Presupuesto hasta la Conclusión (BAC): \$440.750.400

Este es el presupuesto total aprobado para el proyecto, que sirve de base para las proyecciones de EAC y para calcular las métricas de desempeño.

11. Índice de Desempeño del Trabajo por Completar (TCPI): 1.3372

$TCPI = (BAC - EV) / (BAC - AC)$. Este índice muestra que el proyecto necesita mantener un desempeño muy eficiente en los costos para completar el trabajo dentro del presupuesto aprobado. El valor cercano a 1 significa que el equipo debe mantener el ritmo actual de eficiencia en costos hasta la conclusión.

12. Variación del Cronograma (SV%): 0%

El valor nulo indica que el proyecto está alineado con lo proyectado, ya que no se presenta ninguna desviación mínima.

Conclusiones y Recomendaciones

- Desempeño en tiempo:

En cuanto a la eficiencia temporal, es fundamental considerar cómo se gestiona el tiempo en diversas situaciones. Este aspecto implica la capacidad de realizar tareas de manera oportuna y minimizar los retrasos, lo cual se traduce en un mejor desempeño en general. El indicador SPI es de 1, lo que sugiere que no hay retraso en el proyecto, aunque a futuro podría haber diferencia sería bastante pequeña. Con un poco de ajuste en la priorización de las tareas más importantes, debería ser factible recuperar el tiempo perdido. Sería útil dar una ojeada a las ventanas de mantenimiento y de intervención, para poder evitar cualquier retraso extra.

- Desempeño en costo:

Aunque el CPI está muy cerca a la óptima, con un valor de 0.9998, es necesario tener en cuenta el pequeño sobrecosto que se ha detectado, que asciende a CV: -\$109.600. Para mantener los gastos bajo control, será conveniente hacer unos ajustes en el uso de los recursos y reducir aquellos gastos que no estaban previstos inicialmente. De esta manera, se podrán mantener los costos dentro de los límites que se consideran aceptables.

- Proyección final (EAC y VAC):

El costo estimado actual es de $EAC = \$440.750.400$, lo que indica que el proyecto podría cerrar con un ligero exceso de gastos. Aunque esto puede parecer un resultado negativo, es razonable considerando cómo ha ido todo hasta ahora. La diferencia de \$325.000 es

relativamente pequeña, lo que sugiere que el impacto en el presupuesto final podría ser limitado si se toman las medidas adecuadas para corregir el curso.

Acciones correctivas:

Para solventar los problemas que surjan, se implementan acciones concretas y adecuadas para mejorar la situación. Es fundamental seguir de cerca, semana tras semana, el estado del proyecto EVM a través de la medición del valor ganado y las reestimaciones del costo estimado al completar EAC. Esto ayudará a asegurar de que el proyecto se mantenga dentro del presupuesto establecido y cumpla con el plazo esperado.

Revisar las prácticas de gestión de costos es fundamental para asegurarse de que los recursos se utilicen de manera eficiente. Es importante vigilar cualquier desviación en los costos y tomar medidas para corregirla lo antes posible. Un control constante ayuda a detectar y solucionar problemas de costos de inmediato, lo que a su vez permite una mejor asignación de recursos. De esta manera, se minimizan las pérdidas y se maximiza la productividad. En primer lugar, es fundamental centrarse en las tareas clave que tienen un impacto directo en el calendario. Esto incluye aquellas tareas que, si no se completan a tiempo, podrían provocar retrasos o afectar la disponibilidad de equipos y sistemas, además de perjudicar el trabajo de monitoreo.

La evaluación actual y la gráfica del valor acumulado permiten una clara visión del desempeño del proyecto hasta ahora. Para volver al ritmo de trabajo y controlar los costos mientras se avanza hacia el final, es importante llevar a cabo las recomendaciones que se han señalado. Esto ayudará a asegurar que el proyecto concluya de manera satisfactoria.

Ver anexo: Anexo F. PRESUPUESTO ACTIVIDADES

3.2.6. Plan de Gestión de Calidad

a. Especificaciones Técnicas de Requerimientos Para el proyecto de “Gestión de Maquinaria Pesada: Reducción de Riesgos Operativos y Tiempos Muertos no Planificados en Proyectos de Construcción”, se han definido una serie de requerimientos técnicos que deben cumplir estrictamente con los estándares de calidad vigentes en el sector de la construcción y en la gestión de maquinaria pesada. Esto asegura que todos los resultados cumplan con las expectativas y criterios de aceptación específicos, los cuales han sido acordados y documentados al iniciar el proyecto y detallados en el Plan de Gestión, garantizando así una entrega de alta calidad y según lo planeado.

1. Requerimientos generales de calidad

Es fundamental cumplir con las normas técnicas colombianas, también conocidas como NTC. Además, cuando sea aplicable, se deben seguir los estándares internacionales que son ampliamente reconocidos. Entre ellos se encuentran la ISO 9001, que se centra en la gestión de la calidad, la ISO 55000, que aborda la gestión de activos, y la ISO 14224, que está relacionada con la confiabilidad y el mantenimiento.

Es necesario llevar un registro detallado de todos los datos y cualquier incidente que ocurra durante las operaciones. Esto también implica mantener un control estricto sobre la documentación, para asegurarse de que todo esté debidamente trazado y validado. Es fundamental contar con un sistema que permita rastrear y verificar la exactitud de toda la información y los eventos operativos. Antes de avanzar, es imprescindible considerar los requisitos básicos que deben cumplirse. En este contexto, los requerimientos básicos de calidad son fundamentales. La calidad es un aspecto que abarca numerosas facetas y debe asegurarse desde el principio.

2. Requerimientos técnicos de maquinaria

- El porcentaje de tiempo muerto permitido en cualquier período de control no debe ser superior al 20%.
- Se espera que cada equipo esté disponible para operar al menos el 90% del tiempo durante un mes completo.
- Se deben seguir programas de mantenimiento tanto preventivo como predictivo, siguiendo lo que indican los manuales del fabricante y procedimientos internos.
- Se lleva un registro digital detallado de cada servicio de mantenimiento realizado y de cada repuesto instalado, asignando un código exclusivo a cada uno de ellos.
- La idea es conseguir una reducción significativa en las incidencias mecánicas, con una meta mínima del 15% menos respecto a cómo estaban las cosas al principio.

3. Requerimientos técnicos de datos y reportes

- Se pueden generar informes en formato PDF, que luego se almacenan en un depósito digital seguro. Los formatos de registro estandarizados son básicamente aquellos que se utilizan para anotar cosas de manera regular, como lo que sucede cada día en la operación diaria, qué incidentes ocurren y qué mantenimiento se ha realizado.
- Se realizarán informes semanales y mensuales sobre algunos indicadores clave, como la disponibilidad de los equipos, los tiempos muertos, las fallas mecánicas y los gastos de mantenimiento. Antes de incorporar cualquier dato a la base de control, es fundamental realizar una verificación exhaustiva para asegurarse de que la información sea coherente y precisar que no contenga errores. Esta

verificación es esencial para garantizar la integridad de los datos y prevenir posible inconsistencia en la base.

- Para generar informes y manejar datos de manera efectiva, se deben considerar diversos requisitos técnicos. Estos incluyen tanto los necesarios para la recopilación y organización de los datos como los relacionados con la producción de reportes claros y precisos. Entre los más relevantes se encuentran el tipo de datos a recopilar, el formato en que deben ser presentados y las herramientas necesarias para analizarlos y visualizar los resultados. La compatibilidad entre diferentes sistemas y la seguridad de la información también son puntos cruciales que requieren una cuidadosa consideración.

4. Requerimientos de capacitación y competencias

- Se exige que cada operador reciba al menos 20 horas de capacitación en el uso correcto de la maquinaria y los sistemas de monitoreo.
- Se debe llevar a cabo una evaluación de las competencias técnicas y prácticas en cada fase del proyecto. Esto implica realizar una valoración minuciosa al menos una vez por fase.
- Para garantizar la operación segura, es fundamental contar con operadores y mecánicos adecuadamente capacitados. Por eso, se impone la certificación interna de personal en protocolos de mantenimiento y operación segura. Esto asegura que todos aquellos involucrados en estas actividades clave cuenten con el conocimiento y las habilidades adecuadas para realizar su trabajo de manera efectiva y segura.

5. Requerimientos de control y aceptación de entregables

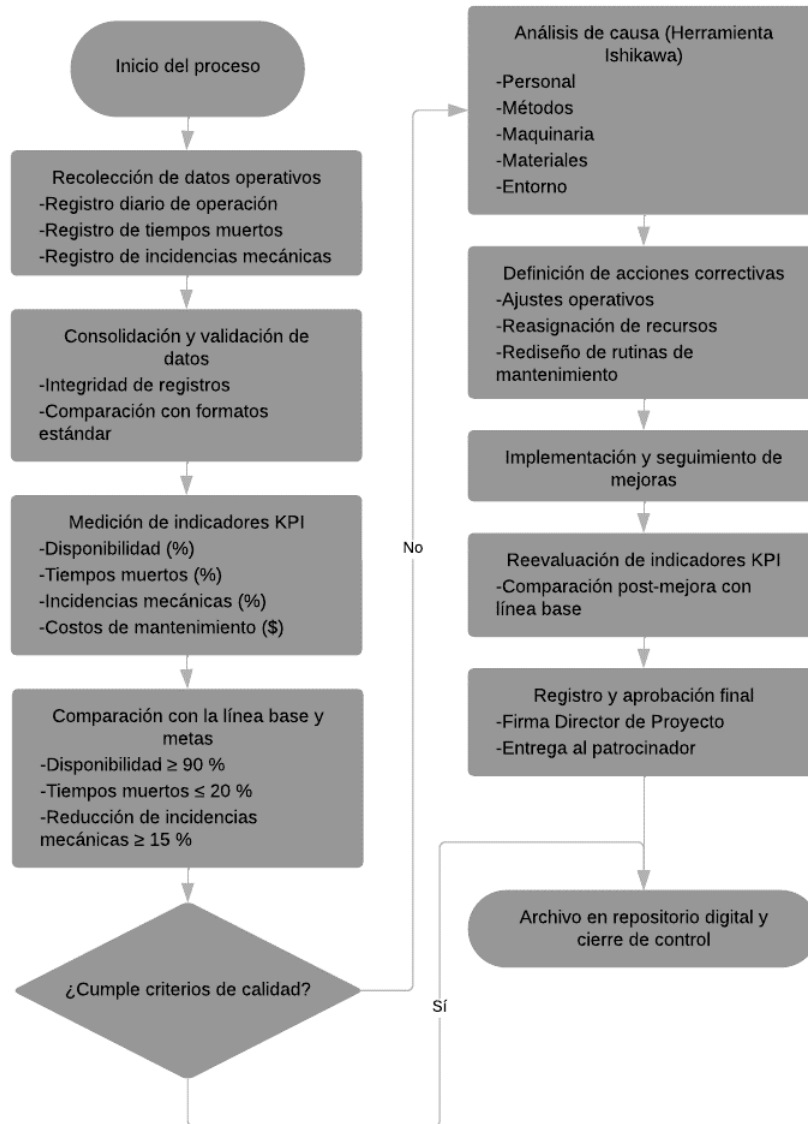
- Se deben incluir los entregables en la línea base de calidad y registrarlos en el sistema de control documental.
- Los entregables deben ajustarse a lo establecido en el documento que detalla el alcance del proyecto. Antes de que finalice, se necesita la validación y la firma de aceptación tanto del Director de Proyecto como del Patrocinador.
- En cuanto a los requisitos para controlar y aceptar los resultados finales, es esencial tener los procedimientos claros.

b. Herramientas de Control de la Calidad Garantizar que un proyecto cumpla con ciertos estándares es fundamental. En el caso del proyecto “Gestión de Maquinaria Pesada: Reducción de Riesgos Operativos y Tiempos Muertos no Planificados en Proyectos de Construcción”, hay tres herramientas clave que ayudan a asegurar esto. La primera es el diagrama de flujo, que dibuja el curso que sigue un proceso. La segunda herramienta es el diagrama de Ishikawa, también conocido como el diagrama de espigas de pescado, que permite identificar causas y efectos. Y, por último, están las hojas de chequeo, que son listas detalladas de comprobación. Estas tres herramientas trabajan juntas para reducir errores y mejorar la gestión.

1. Análisis del Diagrama de Flujo

El diagrama muestra cómo se desarrollan las cosas, desde que primero se inspecciona la maquinaria, y a partir de ahí, se siguen una serie de pasos que van desde hacer ajustes hasta documentar cómo quedó todo al final.

Figura 16. Herramientas de control de la calidad (Diagrama de flujo)



Fuente: Construcción del autor.

Lo primero es identificar aquellos puntos donde pueden surgir problemas. Esto incluye momentos clave como cuando se validan los datos, se revisa la parte técnica o se controla la documentación. En cuanto a la trazabilidad, todo está bastante claro. Simplemente hay que ver el flujo para saber exactamente qué papel juega cada persona en cada etapa y qué documentos se crean en el proceso. Este proceso tiene un propósito específico, consiste en permitir que algo funcione de cierta manera, básicamente da libertad para avanzar o hacer algo.

Cuando se tiene una visión clara de todas las tareas que se están llevando a cabo al mismo tiempo o en secuencia, es más fácil identificar donde se puede acortar el camino. De esta manera, se reducen las demoras innecesarias, haciendo que todo funcione más rápido y de forma más eficiente.

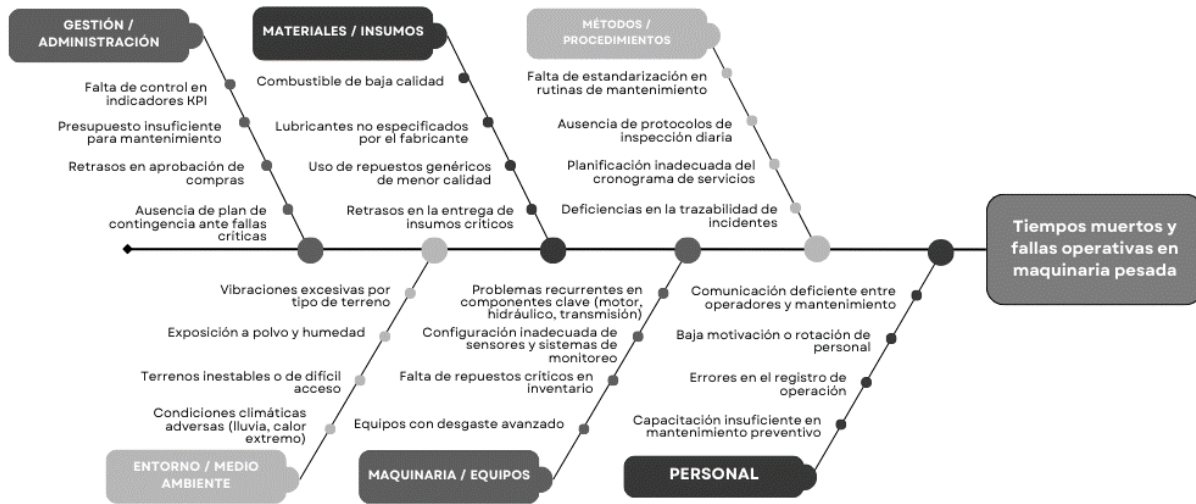
En cualquier equipo, es fundamental que todos sigan el mismo procedimiento. De esta manera, se evitan errores y se garantiza que todas las tareas se realicen de la misma forma. Esto se logra cuando cada operador y supervisor cumplen con un mismo estándar, sin permitir variaciones innecesarias que puedan afectar el resultado final. De esta forma, todos trabajan de manera uniforme y coherente, minimizando así los errores y mejorando la eficiencia en general.

En el contexto del proyecto, el diagrama desempeña un papel fundamental a la hora de coordinar los esfuerzos de operadores, mecánicos y supervisores, y garantizar que todas las inspecciones y tareas de mantenimiento preventivo se realicen de manera uniforme.

2. Análisis del Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de causa-efecto, sirve para señalar y organizar las posibles causas detrás de los tiempos muertos inesperados y los problemas en las operaciones. Esto lo logra identificando y clasificando cada una de estas causas potenciales de manera detallada.

Figura 17. Herramientas de control de la calidad (Diagrama Ishikawa)



Fuente: Construcción del autor.

Se organizaron en las categorías: Métodos, Mano de obra, Maquinaria, Materiales, Medio ambiente y Medición.

En lo que respecta al medio ambiente, existen condiciones climáticas realmente difíciles que tienen un impacto negativo en la operación diaria. Hay veces que los métodos no son adecuados o simplemente se descuida actualizar el plan de mantenimiento.

Los materiales suelen tener un problema de calidad, particularmente cuando se trata de lubricantes o combustible, y a veces hay escasez de insumos realmente importantes. En muchos casos, el problema se atribuye a la falta de preparación adecuada de la mano de obra o a una comunicación ineficiente entre los operadores y los técnicos que realizan los trabajos.

Estas cuestiones se clasifican de seis maneras diferentes: Métodos, la gente que trabaja, las máquinas, los elementos necesarios, el lugar donde se realizan y la manera de medirlos. Las máquinas pueden fallar debido a problemas mecánicos que se repiten con frecuencia. También hay veces en que simplemente no se dispone de las piezas de repuesto necesarias. El desgaste causado por un uso excesivo también es un factor importante a considerar. La falta de indicadores claros puede dificultar enormemente el análisis del desempeño, dado que no se

cuenta con registros completos y precisos que permitan evaluar el progreso de manera efectiva. Esto se traduce en una medición deficiente, donde la carencia de datos fiables impide obtener una visión precisa del rendimiento.

Este análisis permite poner en marcha acciones que realmente se ocupan de los problemas de fondo, en lugar de limitarse a tratar los síntomas superficiales. De esta manera, se pueden reducir mucho mejor los riesgos que acechan en las operaciones cotidianas.

3. Análisis de las Hojas de Chequeo

Se diseñaron tres hojas de chequeo específicas para este proyecto:

Hoja de Chequeo 1 – Inspección diaria de maquinaria pesada

Objetivo: Verificar condiciones operativas antes de iniciar labores.

Tabla 70. Hoja de Chequeo 1 – Inspección diaria de maquinaria pesada

Fecha:	___ / ___ / 20__	Operador:	_____	Máquina:	_____	Horómetro:	_____
Elemento	Criterio de aceptación	Cumple (✓/X)	Observaciones				
Nivel de combustible	≥ 50% del tanque						
Nivel de aceite	Dentro de rango óptimo						
Sistema hidráulico	Sin fugas ni ruidos anormales						
Sistema eléctrico	Luces, claxon y tablero operativos						
Sistema de frenos	Respuesta correcta						
Llantas/orugas	Sin daños visibles y presión correcta						
Limpieza de cabina	Cabina limpia y sin objetos sueltos						
Documentos de máquina	Vigentes y en cabina						
Observaciones generales							
Firma Operador	_____	Firma Supervisor	_____				

Fuente: Construcción del autor.

Hoja de Chequeo 2 – Mantenimiento preventivo semanal

Objetivo: Asegurar el cumplimiento de las rutinas de mantenimiento programadas.

Tabla 71. Hoja de Chequeo 2 – Mantenimiento preventivo semanal

Semana: ____ / Año: ____	Mecánico responsable: _____	Máquina: _____
Tarea	Especificación	Cumple (✓/X)
Cambio de aceite	Según horas de uso / especificación fabricante	
Cambio de filtros (aire/aceite/combustible)	Según plan de mantenimiento	
Inspección del sistema hidráulico	Revisar presión, fugas y mangueras	
Engrase de componentes	Todos los puntos indicados por fabricante	
Revisión de baterías	Nivel de electrolito y carga	
Alineación y tensión de orugas	Ajuste según manual	
Limpieza de radiador	Sin obstrucciones ni suciedad	
Calibración de sensores	Función correcta de monitoreo	
Firma Mecánico _____		Firma Supervisor _____

Fuente: Construcción del autor.

Hoja de Chequeo 3 – Control de tiempos muertos y fallas operativas

Objetivo: Registrar causas y tiempos de inactividad para análisis de mejora.

Tabla 72. Hoja de Chequeo 3 – Control de tiempos muertos y fallas operativas

Fecha: ____ / ____ / 20__	Operador: _____	Máquina: _____
Evento	Causa	Tiempo perdido (min)
Parada por falla mecánica		
Parada por falta de insumos		

Fecha: ____ / ____ / 20__	Operador: _____	Máquina: _____
Retraso por condiciones climáticas		
Parada por espera de instrucciones		
Otras causas		
Total tiempo muerto del día	_____	% respecto a jornada

Fuente: Construcción del autor.

- a. Inspección diaria de maquinaria pesada: Es importante darle un vistazo a la maquinaria pesada cada mañana antes de empezar a trabajar. De esta manera, se puede comprobar que todo esté en orden y listo para usar de forma segura. Al evitar problemas cuando todo está en marcha, es posible asegurarse de que las cosas sigan funcionando sin tropiezos. Esto se logra fundamentalmente al minimizar los errores que podrían aparecer en el momento menos esperado, permitiendo una operación más fluida y confiable.
- b. Mantenimiento preventivo semanal: El desgaste prematuro se reduce considerablemente, lo que a su vez prolonga la vida útil de los equipos. Para asegurar que todo funcione correctamente, es importante realizar un mantenimiento preventivo semanal. Esto implica seguir las rutinas de servicio establecidas según las horas de uso y las especificaciones del fabricante, garantizando que se realice la ejecución de las mismas.
- c. Control de tiempos muertos y fallas operativas: El impacto es considerable. Permite evaluar y analizar detenidamente las pérdidas de productividad, lo que a su vez posibilita implementar ajustes y mejoras de

manera continua. En primer lugar, se hace un seguimiento de los tiempos muertos y de los errores que ocurren durante las operaciones. Cuando hay una parada que no estaba programada, se registran todos los detalles: por qué ocurrió, cuánto duró y qué se hizo para solucionarlo. Esto ayuda a entender lo que pasó y a tomar medidas para evitar que vuelva a ocurrir en el futuro. De esta manera, se puede minimizar el tiempo perdido y maximizar la eficiencia en general.

Las hojas de chequeo son prácticamente como pruebas documentales que son completamente confiables e imparciales, muy necesarias para revisar y verificar la eficiencia de los procesos internos, el desempeño y el cumplimiento de los estándares de calidad. Esto encaja perfectamente con las diferentes etapas del ciclo de mejora continua, es decir, planificar, ejecutar, verificar y tomar medidas correctivas.

En resumen, la combinación de estas tres herramientas de control garantiza que el sistema de gestión de calidad del proyecto esté siempre un paso adelante, en lugar de limitarse a reaccionar a problemas que ya han surgido. De esta forma, se pueden detectar posibles errores desde el principio y tomar medidas correctivas de inmediato, lo que a su vez permite llevar un registro detallado de cada intervención realizada en la maquinaria. Esto resulta en una mayor confiabilidad en la operación y contribuye a reducir al máximo los riesgos y los períodos de inactividad en la utilización de maquinaria pesada.

c. Formato Inspecciones El formato de inspección es básicamente una herramienta de control. Permite verificar, documentar y estandarizar el estado de la maquinaria pesada en distintos momentos: antes de que comience a operar, mientras esté en funcionamiento y después de que termine. La idea básica detrás de esto es evitar problemas durante la operación, reducir

los tiempos de inactividad que no fueron planeados y, sobre todo, garantizar la seguridad tanto de las personas como de los equipos involucrados.

Tabla 73. Formato de Inspección de Maquinaria Pesada – Diario/Semanal

Proyecto: Gestión de Maquinaria Pesada	Fecha:	Hora:	Equipo: (Excavadora Orugas 1, Excavadora Orugas 2, Vibro compactador)
Responsable de la inspección:	Cargo:	Firma:	Supervisor responsable:

Fuente: Construcción del autor.

1. Datos Generales del Equipo

- Código/Placa del equipo: _____
- Horómetro/Kilometraje: _____
- Lugar de operación: _____

2. Lista de Verificación (Checklist de Inspección)

Tabla 74. Checklist de Inspección

Ítem a inspeccionar	Condición (Aprobado / No aprobado)	Observaciones	Acción Correctiva / Responsable
Motor y sistema hidráulico			
Niveles de aceite			
Fugas visibles de aceite o hidráulico			
Filtro de aire limpio			
Sistema de combustión			
Nivel de combustible diésel			
Presencia de fugas en el tanque			
Sistema eléctrico			
Batería y conexiones			
Luces y alarmas operativas			
Sistema de rodaje/neumáticos			

Ítem a inspeccionar	Condición (Aprobado / No aprobado)	Observaciones	Acción Correctiva / Responsable
Estado de orugas/llantas			
Presión adecuada			
Cabina y controles			
Tablero de instrumentos operativo			
Asiento, cinturón y mandos en buen estado			
Seguridad			
Extintor disponible y vigente			
Kit de herramientas			
EPP del operador (casco, chaleco, guantes, botas)			

Fuente: Construcción del autor.

3. Resultado de la Inspección

- Aprobado: [] Sí [] No
- Acciones correctivas inmediatas requeridas: _____
- Firma del Inspector: _____
- Firma del Supervisor: _____

Análisis del Formato:

Su aplicación sigue reforzando una cultura centrada en la calidad y la seguridad en la gestión de maquinaria pesada. Este formato estandariza la manera en que se llevan a cabo las inspecciones, lo que a su vez facilita el registro de los hallazgos de una manera sistemática y organizada. El tener una lista de verificación es muy útil porque ayuda a detectar errores o situaciones peligrosas a tiempo. Las columnas destinadas a registrar observaciones y acciones

correctivas son fundamentales para mantener un registro preciso del mantenimiento realizado y determinar quién es responsable de cada tarea.

d. Formato Auditorías Las auditorías permiten asegurarse de que los proyectos se lleven a cabo según lo planeado. Esto significa que se puede verificar que se cumplan las políticas y procedimientos establecidos. Además, este proceso permite detectar cualquier desviación del plan y sugerir medidas para corregir lo que no esté funcionando como debería. Luego, se puede estar al tanto de cómo se implementan esas correcciones para asegurarse de que todo se vuelva a encaminar.

Tabla 75. Formato de Auditoría – Proyecto Gestión de Maquinaria Pesada

Proyecto: Gestión de Maquinaria Pesada – Reducción de Riesgos Operativos y Tiempos Muertos	Fecha:	Lugar:
Auditor(es):	Área Auditada:	Responsable del Área:

Fuente: Construcción del autor.

1. Alcance de la Auditoría

- Procesos auditados: _____
- Objetivos de la auditoría: _____

2. Lista de Verificación (Checklist de Auditoría)

Tabla 76. Checklist de Auditoría

Categoría	Criterio de Auditoría	Cumple (Si/No)	Evidencia Revisada	Observaciones
Calidad Operativa	Implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo			
	Ejecución del Plan de Mantenimiento Predictivo			

Categoría	Criterio de Auditoría	Cumple (Si/No)	Evidencia Revisada	Observaciones
Seguridad Industrial	Registro de cumplimiento de actividades en MS Project			
	Uso de EPP por parte del personal			
	Vigencia de planes de seguridad y protocolos			
Gestión de Costos	Control de riesgos en campo			
	Seguimiento a la línea base de costos			
	Análisis de variaciones (CV, CPI)			
Gestión de Tiempo	Reportes financieros mensuales			
	Cumplimiento de cronograma (SV, SPI)			
	Registro de retrasos y medidas correctivas			
Documentación	Actas, minutas y reportes actualizados			
	Evidencia de capacitación del personal			

Fuente: Construcción del autor.

3. Hallazgos de Auditoría

- Fortalezas detectadas: _____
- No conformidades: _____
- Oportunidades de mejora: _____

4. Plan de Acción Correctiva

Tabla 77. Plan de Acción Correctiva

No. Hallazgo	Acción Correctiva Propuesta	Responsable	Fecha Límite	Estado
1				
2				

Fuente: Construcción del autor.

5. Resultado Final de la Auditoría

- Cumplimiento global (%): _____
- Conclusión del auditor: _____
- Firma del Auditor: _____
- Firma del Responsable del Área: _____

Análisis del Formato:

Al conectar a los responsables con plazos concretos para cumplir, se fomenta un entorno más claro y donde hay un mayor sentido de responsabilidad. El formato tiene la ventaja de incluir todo lo esencial del proyecto, como la calidad, la seguridad, los costos, los plazos y la documentación necesaria. La creación de una lista de verificación proporciona una herramienta valiosa para garantizar la trazabilidad de los pasos seguidos y permite abordar la revisión con objetividad, lo que a su vez contribuye a una evaluación más justa y equitativa.

Los hallazgos y los planes de acción correctivos desempeñan un papel crucial en la mejora continua y en el seguimiento de desviaciones. Esto permite abordar cualquier discrepancia de manera efectiva y asegurar de que se tomen las medidas necesarias para solucionar los problemas identificados. De esta forma, avanzar hacia un proceso más fluido y reducir las posibilidades de errores futuros. La idea es mantener un enfoque proactivo, evaluando y ajustando constantemente la estrategia para lograr resultados óptimos.

e. Listas de Verificación de los Entregables En cada etapa y entrega importante, se utilizan listas de verificación para asegurarse de que lo generado cumpla con los requisitos

especificados en el plan original y también con los criterios de aprobación que se han confirmado previamente con el responsable del proyecto.

Tabla 78. Formato General – Lista de Verificación de Entregables

Proyecto: Gestión de Maquinaria Pesada – Reducción de Riesgos Operativos y Tiempos Muertos	Fase:	Fecha de Revisión:
Entregable:	Responsable Revisión:	Versión:
_____	_____	_____

Fuente: Construcción del autor.

1. Datos del Entregable

- Descripción del entregable: _____
- Código de identificación (EDT/WBS): _____
- Responsable de elaboración: _____

2. Criterios de Verificación

Tabla 79. Criterios de Verificación

Categoría	Criterio de Aceptación	Cumple (Si/No)	Evidencia Adjunta	Observaciones
Contenido Técnico	Cumple con los requisitos funcionales definidos en el alcance			
	Incluye especificaciones técnicas completas y actualizadas			
	Evidencia soporte documental (manuales, instructivos, informes)			
Calidad	Validado mediante pruebas o simulaciones (si aplica)			
	Libre de errores o inconsistencias			

Categoría	Criterio de Aceptación	Cumple (Si/No)	Evidencia Adjunta	Observaciones
Tiempo	Cumple con estándares ISO/PMBOK aplicables			
	Entregado en la fecha comprometida			
	Documentado en cronograma oficial (MS Project)			
Costos	Ajustado al presupuesto definido			
	No genera desviaciones mayores no justificadas			
Satisfacción del Cliente Interno	Validación con el patrocinador			
	Retroalimentación positiva de usuarios u operadores			

Fuente: Construcción del autor.

3. Resultados de la Revisión

- Cumplimiento total (%) del entregable: _____
- Conformidad final: Aceptado (Si) / Rechazado (No)
- Acciones correctivas requeridas: _____

4. Firmas de Conformidad

- Revisor/a: _____
- Responsable del Entregable: _____
- Patrocinador: _____

Análisis del Formato

La lista garantiza que podamos seguir el rastro de cada entrega en relación con el EDT y en qué medida cumplen con los criterios de aceptación. En este análisis, se consideran varios

aspectos, como los técnicos, la calidad, el tiempo necesario, el costo asociado y la satisfacción del cliente interno.

Con este formato, resulta fácil detectar cualquier inconveniente y solucionarlo al momento, lo que permite una corrección inmediata. Cuando los responsables firman, es como un sello que garantiza que lo acordado es realmente válido, tanto a nivel contractual como documental.

Ejemplo aplicado en este proyecto:

- Entregable: Plan de Mantenimiento Preventivo y Predictivo.
- Verificación: (Si) Contenido técnico, (Si) Soporte documental, (No) Validación con usuarios (pendiente).
- Resultado: Cumplimiento 85%. Requiere retroalimentación con operadores antes de aprobación final.

3.2.7. Plan de Gestión de Recursos

a. Identificación y Adquisición de Recursos Para poder garantizar que todo salga bien en el proyecto de “Gestión de Maquinaria Pesada: Reducción de Riesgos Operativos y Tiempos Muertos no Planificados en Proyectos de Construcción”, lo primero que se necesita es encontrar y conseguir las cosas adecuadas. Sin los medios adecuados, sería complicado llevar a cabo el proyecto de manera efectiva. La identificación correcta y asegurarse de tener todo lo necesario es fundamental para poder tener éxito.

1. Identificación de Recursos Necesarios

a. Recursos Humanos:

- Director de Proyecto: responsable de la dirección estratégica, gestión de riesgos y comunicación con el patrocinador.

- Coordinador Operativo: encargado de la planificación operativa, control de cronograma y supervisión en campo.
- Mecánico Jefe: responsable del mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo de los equipos.
- Operadores de maquinaria (Excavadora 1, Excavadora 2 y Vibro compactador): ejecutan las operaciones diarias de la maquinaria.
- Asistente Administrativo: gestiona documentación, compras, contratos y soporte logístico.

b. Recursos Materiales y Equipos:

- Maquinaria: Excavadora Orugas 1, Excavadora Orugas 2, Vibro compactador.
- Consumibles: Combustible diésel, aceite y lubricantes.
- Repuestos y kits de mantenimiento preventivo: provistos por proveedores certificados.

c. Recursos Externos:

- Proveedor de Repuestos: aliado clave para garantizar disponibilidad de piezas originales en tiempo oportuno.
- Servicios de capacitación: (cuando sea necesario) para fortalecer competencias del personal en nuevas metodologías de mantenimiento y operación.

2. Estrategia de Adquisición de Recursos

- Recursos Humanos: La planta interna de Maquinobras S.A.S. proveerá la mayoría de los recursos humanos, lo que garantiza una base sólida de experiencia y

continuidad. Sin embargo, si surge la necesidad de un apoyo extra, como técnicos especializados en sensores de monitoreo, se buscará contratar temporalmente a personal a través de proveedores externos.

- **Maquinaria Pesada:** En cuanto a la maquinaria pesada, se utilizarán los equipos que ya son propiedad de la empresa. Estos han sido cuidadosamente evaluados con el fin de determinar su disponibilidad actual y capacidad operativa para asegurar que estén listos para su uso.
- **Consumibles (diésel, aceites, lubricantes):** Los consumibles, como diésel, aceites y lubricantes, se adquirirán mediante un contrato marco con proveedores locales confiables que hayan obtenido la certificación necesaria. Esto garantiza que el suministro sea puntual y que se mantenga un control estricto sobre la calidad de los productos.
- **Repuestos y kits de mantenimiento:** Los repuestos y kits de mantenimiento se organizarán principalmente a través de pedidos programados y acuerdos de suministro que incluyan garantías de disponibilidad mínima. De esta manera, se podrá minimizar el riesgo de retrasos en los trabajos de mantenimiento.

3. Criterios de Selección de Proveedores

- Calidad y certificación de los repuestos y materiales.
- Tiempo de entrega y cumplimiento logístico.
- Costos competitivos y facilidades de pago.
- Soporte técnico y garantías.
- Cumplimiento de normativas ambientales y de seguridad.

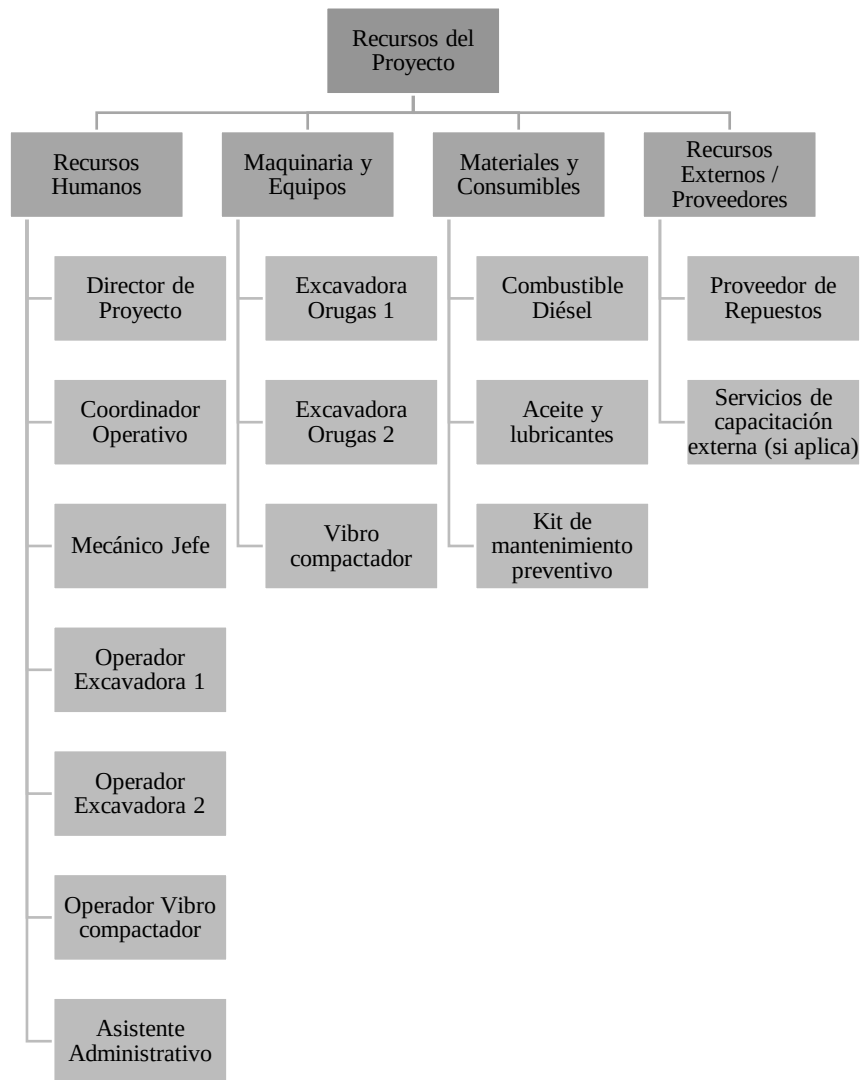
4. Riesgos Asociados a la Adquisición de Recursos

- Retrasos en la entrega de repuestos: Cuando surgen retrasos en la entrega de repuestos, esto se puede mitigar gracias a la firma de contratos de suministro que especifiquen la obligación de mantener un stock de seguridad.
- Fallas en la maquinaria crítica: La forma de evitar fallos en la maquinaria crítica es sencilla, se mitigan con inspecciones rigurosas y un adecuado mantenimiento antes de que dé comienzo el proyecto.
- Escasez temporal de combustibles: Una escasez temporal de combustibles puede ser un problema, pero se ha podido mitigar gracias a algunos acuerdos con estaciones de servicio locales y manteniendo un almacenamiento de reserva.

En conclusión, terminar un proyecto sin contratiempos requiere una planificación cuidadosa. Una empresa debe tener claro cómo gestionará sus recursos. Esto incluye asegurarse de aprovechar al máximo lo que ya tiene dentro de la empresa, y formar alianzas sólidas con los mejores proveedores. De esta manera, se minimizan los riesgos de quedarse sin materiales o personal en el momento clave, se evitan costos adicionales y se optimiza el tiempo de ejecución. Esta estrategia permite a la empresa mantener el control y garantiza que el proyecto se desarrolle sin complicaciones.

b. Estructura Desagregación de Recursos La Estructura de Desagregación de Recursos, llamada ReBS, ayuda a ordenar de forma lógica todos los recursos necesarios para llevar a cabo el proyecto “Gestión de Maquinaria Pesada: Reducción de Riesgos Operativos y Tiempos Muertos no Planificados en Proyectos de Construcción”. De esta manera, se busca una organización jerárquica y sistemática que simplifique la ejecución del proyecto.

Figura 18. ReBS



Fuente: Construcción del autor.

La división en cuatro categorías clave (recursos humanos, maquinaria y equipos, materiales y consumibles, y recursos externos) permite determinar con claridad qué recursos se van a necesitar para cada paso de este proceso. Esta agrupación ofrece varias ventajas:

1. Claridad en la asignación de responsabilidades: La claridad en la asignación de tareas es fundamental. Al separar a los miembros del equipo según su función (dirección, coordinación, operación y soporte) se simplifica la estructura y se establecen responsabilidades concretas para cada persona, ligadas a los objetivos

específicos del proyecto. Esto permite un enfoque más directo y eficaz en el trabajo diario.

2. Optimización del uso de la maquinaria: La forma en que se utiliza la maquinaria es mucho más eficiente cuando se identifica cada equipo de manera separada, como las excavadoras sobre orugas y los compactadores vibratorios. De esta manera, resulta más sencillo planificar y controlar su disponibilidad, y programar los mantenimientos con anticipación. Esto reduce el riesgo de que un equipo esté sobre asignado o de que se produzcan paradas inesperadas, lo que puede causar retrasos y disminuir la productividad. Cuando se sabe qué equipo está disponible y cuándo, se pueden tomar decisiones informadas para maximizar el rendimiento y minimizar los tiempos muertos. Al final, esto puede significar una producción más fluida y unos costos más bajos, lo que a su vez puede aumentar la rentabilidad de los proyectos.
3. Control de insumos críticos: Controlar los insumos críticos resulta fundamental. Incluir materiales como combustible, lubricantes y kits de mantenimiento preventivo ayuda a llevar un registro detallado del gasto operativo y permite prever el abastecimiento durante las fases más importantes del proyecto. De esta manera, se asegura una mejor trazabilidad de los recursos y un abastecimiento oportuno.
4. Gestión de dependencias externas: La gestión de dependencias externas es crucial. Cuando se incorporan proveedores de repuestos y servicios complementarios, esto asegura que las operaciones sigan adelante sin interrupciones. Estos proveedores

se convierten en aliados fundamentales, garantizando que el proyecto siga siendo técnicamente sostenible.

La organización jerárquica es fundamental porque no solamente simplifica el manejo diario del proyecto, sino que también proporciona una base para examinar los costos, distribuir la carga de trabajo de manera eficiente y aplicar técnicas para evaluar el progreso del proyecto, lo que en última instancia ayuda a mejorar el desempeño general.

La ReBS, en esencia, sirve como una guía de recursos que se ajusta a la EDT, lo que hace posible incorporarla más adelante con la CBS, que es la estructura utilizada para desagregar los costos. Asimismo, es un elemento fundamental al momento de planificar compras, gestionar contratos y establecer medidas que ayuden a evaluar cómo se están utilizando los recursos de manera eficiente.

c. Definición de Roles, Responsabilidades y Competencias del Equipo Para manejar realmente bien a los empleados, es fundamental tener una idea clara de qué hace cada persona, qué se espera de ellos y de qué son capaces. Es la única forma de asegurarse de que se cumplan los objetivos del proyecto “Gestión de Maquinaria Pesada: Reducción de Riesgos Operativos y Tiempos Muertos no Planificados en Proyectos de Construcción”. A continuación, se detallan los principales actores del proyecto:

1. Director del Proyecto

- Responsabilidades:

Se encarga de manejar todas las comunicaciones con el patrocinador y otros socios importantes. Liderar la planificación, ejecución y seguimiento de un proyecto, desde el comienzo hasta su finalización. Se necesita revisar y confirmar los planes de gestión, considerando varios aspectos clave. Esto incluye definir claramente el alcance del proyecto, establecer un cronograma

realista, determinar los costos y asegurarse de que se cumplan los estándares de calidad. Además, es fundamental asignar los recursos adecuados, identificar posibles riesgos y definir estrategias para las adquisiciones necesarias.

Asegurar que los objetivos estén en sintonía con los planes estratégicos de Maquinobras S.A.S. es fundamental. Esto implica asegurarse de que todos los esfuerzos se dirijan hacia metas que realmente contribuyan al desarrollo y crecimiento de la empresa, manteniendo una coherencia clara entre lo que se quiere lograr y cómo se busca alcanzarlo. Al alinear los objetivos de esta manera, se mejora la eficiencia y se aumentan las posibilidades de éxito, ya que todos en la organización trabajan hacia un fin común, bajo una estrategia bien definida y enfocada en los objetivos clave de Maquinobras S.A.S.

- Competencias requeridas:

Hay que tener conocimiento sobre PMBOK, además de metodologías para gestionar proyectos. En las relaciones y el trabajo, hay dos cosas que son fundamentalmente importantes: saber negociar y resolver los conflictos. Al frente de un proyecto, el Director del Proyecto es la persona responsable de hacer que las cosas sucedan. Ha participado en varios proyectos que involucran maquinaria pesada y construcción.

Llegar a ser un líder es algo más que simplemente dar órdenes. Requiere tener la habilidad de saber escuchar a los demás, de estar abierto a diferentes puntos de vista. En resumen, saber tomar decisiones bien informadas es clave. Liderazgo y la correcta toma de decisiones van generalmente de la mano. Algunas de las cosas que se necesitan incluyen competencias básicas que generalmente buscan en una persona para un puesto determinado. Estas pueden incluir habilidades específicas o conocimientos en ciertas áreas. Normalmente, tienen que ver con la capacidad de realizar tareas concretas de manera efectiva y eficiente en el

trabajo diario. Además, pueden existir ciertas habilidades interpersonales requeridas, como buen trato a las personas o facilidad para trabajar en equipo.

2. Coordinador de Operaciones

- Responsabilidades:

Se debe supervisar el uso adecuado de la maquinaria y al mismo tiempo, verificar que se cumplan con todos los programas de mantenimiento establecidos.

Consolidar la información sobre los indicadores de desempeño es crucial. En este contexto, se trata de reunir y analizar los KPI, esos números y estadísticas que nos dicen cómo va la empresa o proyecto en términos de producción y eficiencia.

En resumen, es alguien que organiza y dirige el día a día de una operación para lograr los objetivos planteados. Coordinar el cronograma operativo del proyecto es fundamental. Se trata de organizar y ajustar todos los aspectos que intervienen en el día a día del proyecto, lo que ayudará a evitar retrasos y asegurar que todo marche según lo planeado. En esencia, consiste en poner en marcha un calendario de trabajo detallado que considere cada fase del proyecto, desde el comienzo hasta su finalización. Una buena coordinación del cronograma contribuye a una ejecución eficiente y reduce los riesgos de fallos o desviaciones.

- Competencias requeridas:

Conocimiento técnico de maquinaria pesada. Cuando se trata de supervisar y controlar actividades complejas, surge la figura clave: el Coordinador de Operaciones. Para empezar, manejo herramientas de software de control y programación con solvencia, destacando el uso de MS Project y conocimientos de Excel a nivel avanzado.

La comunicación es fundamental cuando se trabaja con equipos, tanto dentro como fuera de la organización. Esto permite que todos estén en sintonía y trabajen hacia objetivos comunes

de manera efectiva. Capacidad de gestión operativa y logística es fundamental. Una empresa con esta capacidad puede coordinar y controlar sus operaciones de forma efectiva, lo que incluye aspectos como la planificación, la ejecución y el monitoreo de procesos, ya sean estos industriales, de servicios o de distribución de productos. La logística, en particular, se enfoca en la gestión eficiente del flujo de productos, desde la adquisición de materias primas hasta la entrega del producto final al cliente. Esta capacidad es crucial para alcanzar la eficiencia, reducir costos y aumentar la satisfacción del cliente.

3. Operadores de Maquinaria

- Responsabilidades:

Apoyar la puesta en marcha de pruebas piloto y establecer rutinas para el mantenimiento antes de que surjan problemas. En ciertos entornos laborales, los operadores de maquinaria juegan un papel fundamental. Cuando se trata de los equipos asignados, es fundamental seguir los protocolos de seguridad establecidos para cada actividad que se realice durante su operación. Hay que informar a la coordinación operativa sobre cualquier incidente, fallo o tiempo muerto que ocurra.

- Competencias requeridas:

Certificación para operar maquinaria pesada. La experiencia incluye conocimientos sobre protocolos de seguridad y las normas que rigen la construcción. Se esperan ciertas capacidades determinantes. Esto incluye: Competencia requerida en varios ámbitos, la capacidad de detectar cuando algo no funciona como debería en los equipos es fundamental. Esto incluye identificar problemas inusuales en el desempeño de los sistemas y equipamientos, algo crucial para mantener todo en orden y asegurar que los procesos se llevan a cabo sin interrupciones.

Operadores de maquinaria son una parte fundamental en muchos sitios de trabajo, encargándose de manejar todo tipo de máquinas, desde equipo pesado hasta herramientas más específicas, y asegurando que funcionen de manera efectiva y segura. Esto requiere una gran cantidad de habilidad y conocimiento, ya que cada máquina tiene sus propias particularidades y procedimientos específicos. Además, los operadores deben cumplir con estrictas normas de seguridad para evitar accidentes y proteger tanto a sí mismos como a sus compañeros. La cantidad de tiempo y esfuerzo dedicado a dominar el funcionamiento de estas máquinas es considerable, y requiere una gran dedicación y cuidado.

4. Mecánicos de Mantenimiento

- Responsabilidades:

Ejecutar el mantenimiento de los equipos de manera preventiva, predictiva y también correctiva. Es fundamental identificar los problemas mecánicos lo antes posible. Cuando surge una falla, lo mejor es buscar una solución de inmediato. Es importante tener actualizados esos registros de mantenimiento. De esta manera, siempre se sabe quién fue el último en hacer algún mantenimiento y por qué. Esto facilita muchísimo el trabajo. Su dedicación se centra en asegurar que todos los mecanismos y máquinas operen sin problemas, garantizando así la productividad y el rendimiento de cualquier empresa o institución.

- Competencias requeridas:

La capacidad para analizar y resolver problemas técnicos es fundamental. Se trata de evaluar situaciones complejas y encontrar soluciones efectivas. Esto implica entender los aspectos técnicos involucrados y aplicar conocimientos y experiencia para resolver los problemas de manera adecuada.

Algunos conceptos sobre manejo de herramientas de diagnóstico. Esto implica el uso adecuado de diversos instrumentos y softwares para analizar y resolver problemas técnicos, así como también identificar y solucionar fallos en sistemas complejos. Entonces, se trata de tener conocimientos técnicos en mecánica, específicamente en maquinaria pesada.

5. Proveedores y Aliados Estratégicos

- Responsabilidades:

Cumplir con los contratos es fundamental. Esto incluye garantizar la calidad del trabajo, cumplir con los plazos de entrega acordados y proporcionar el soporte necesario.

Garantizar que los repuestos y materiales necesarios estén disponibles justo a tiempo es esencial. De la misma manera, lo son los servicios complementarios que pueden ser necesarios.

- Competencias requeridas:

Se requiere de experiencia en suministro de partes y servicios para maquinaria pesada, además de una capacidad logística y cumplimiento contractual.

6. Patrocinador del Proyecto

- Responsabilidades:

Se deben aprobar los elementos clave entregados y verificar los progresos del proyecto. Asegurar la disponibilidad de los recursos financieros y logísticos es fundamental. Debería haber suficiente dinero y apoyo para mantener todo en funcionamiento.

Hay que abordar y resolver aquellas limitaciones que superen las competencias del Director del Proyecto, asegurándose de que todos los aspectos estén debidamente cubiertos y atendidos.

- Competencias requeridas:

Se requiere de conocimiento estratégico del negocio, así como tener una capacidad de toma de decisiones a nivel corporativo y tener liderazgo en la definición de prioridades del proyecto.

Con esta definición, queda claro para todos en el equipo cuál es su tarea, cómo llevarla a cabo y cuáles son las habilidades necesarias para que el proyecto tenga éxito. De esta manera, también se vuelve más sencillo evaluar el trabajo que cada uno realizar, asignar responsabilidades de manera apropiada y hacer que las capacidades individuales mejoren con entrenamiento y apoyo.

d. Matriz de Asignación de Responsabilidades a Nivel de Paquete de Trabajo Al utilizar la Matriz RACI en los paquetes de trabajo de un proyecto, resulta más sencillo determinar con precisión los roles y responsabilidades que corresponden a cada participante. Su aplicación conlleva una serie de, principalmente porque aporta orden y lucidez en la asignación de tareas y también porque cada actor sabe exactamente qué espera de él en cada momento, lo cual ayuda a evitar confusiones innecesarias y conflictos de trabajo. Su implementación tiene las siguientes ventajas destacadas:

1. Claridad en la rendición de cuentas:

Cada actividad tiene un responsable último (A) y uno o varios ejecutores directos (R). Esto evita la duplicidad de funciones y asegura que cada tarea tenga un “dueño”.

2. Optimización de la comunicación:

Al identificar de forma precisa a los actores que deben ser consultados (C) e informados (I), se evitan reuniones que no aportan valor y se asegura que las decisiones se tomen con el respaldo de aquellos que cuentan con la experiencia y el conocimiento necesario.

3. Mejor coordinación interdisciplinaria:

La colaboración estrecha entre el Mecánico Jefe, los Operadores y el Coordinador Operativo en diferentes proyectos garantiza que se tengan en cuenta tanto los objetivos a largo plazo como los detalles técnicos al tomar decisiones. Esto se logra mediante la participación activa de cada uno de ellos en varios aspectos del proceso, lo que contribuye a una visión más completa y equilibrada.

4. Prevención de conflictos:

La RACI crea un esquema en el que se comparten responsabilidades de manera efectiva, lo que reduce la probabilidad de que haya funciones repetidas o áreas sin vigilancia. Un ejemplo práctico de esto es la revisión de inventarios, donde hay una línea divisoria clara entre el trabajo del Asistente Administrativo, que se ocupa de reunir la información, y el del Mecánico Jefe, que se encarga de verificarla técnicamente con rigor.

5. Facilita la trazabilidad del proyecto:

Cuando se vincula cada tarea con responsabilidades específicas, la RACI puede ser utilizada directamente en auditorías de calidad, para supervisar el progreso de los proyectos y minimizar riesgos de manera efectiva.

Tabla 80. Tabla de ejemplo RACI (paquete de trabajo 1.1.1.1.1 a modo ilustrativo)

Paquete de Trabajo	Director de Proyecto	Coordinador Operativo	Mecánico Jefe	Operadores	Asistente Administrativo	Proveedor de Repuestos
1.1.1.1.1 Solicitud de registros históricos	A (Accountable)	R (Responsible)	C (Consulted)	I (Informed)	C	C
1.1.1.1.2 Recopilación de informes	C	R	A	I	C	I
1.1.1.1.3 Verificación de inventarios	C	R	A	I	C	I

Paquete de Trabajo	Director de Proyecto	Coordinador Operativo	Mecánico Jefe	Operadores	Asistente Administrativo	Proveedor de Repuestos
1.1.1.1.4 Entrevistas con operadores	I	R	C	A	C	I
1.1.1.1.5 Consolidación de la información	C	R	I	I	A	I

Fuente: Construcción del autor.

Leyenda:

- R (Responsable): ejecuta la actividad.
- A (Accountable): responsable último de que la actividad se realice correctamente.
- C (Consulted): aporta información o conocimiento técnico.
- I (Informed): recibe comunicación del avance o cierre, pero no interviene directamente.

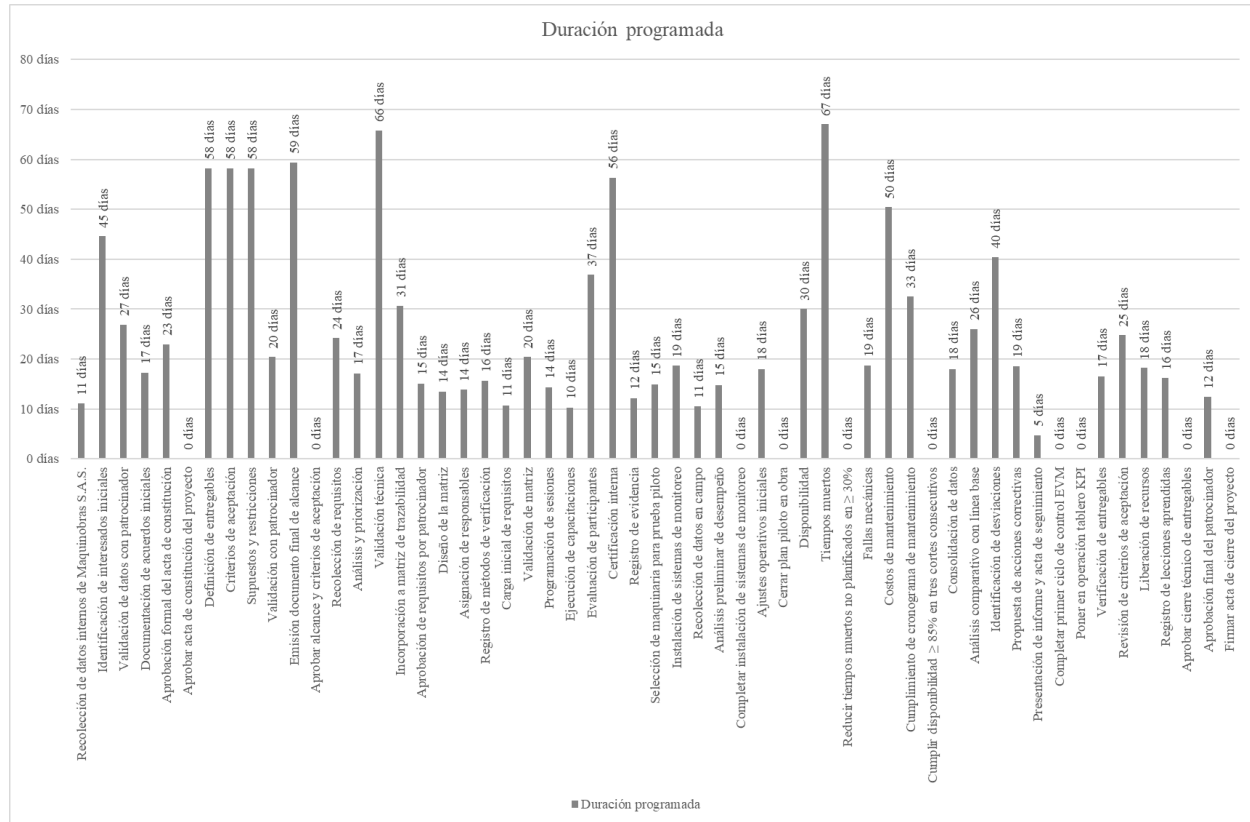
En conclusión, la matriz RACI es una herramienta básica en la gestión de proyectos.

Ayuda a mantener a los recursos humanos trabajando en armonía con lo que se debe entregar, lo cual es crucial para cumplir con los objetivos principales: gastar lo planeado, finalizar a tiempo y entregar calidad.

Ver anexo: Anexo G. MATRIZ RACI

e. Histograma y Horario de Recursos El histograma de recursos ofrece una visión clara de la duración prevista de cada una de las tareas específicas dentro del proyecto. Al observar este gráfico, podemos apreciar con detalle cómo se distribuye la carga de trabajo a lo largo del tiempo y cómo se organiza el progreso de las tareas. Al estudiar cuidadosamente la gráfica, varios puntos llamativos llaman la atención, incluyendo algunos aspectos fundamentales que resultan esenciales para la comprensión general del proyecto.

Análisis del histograma

Figura 19. Histograma de recursos

Fuente: Construcción del autor.

1. Heterogeneidad en la duración de actividades:

Parece haber una gran variación en cuanto a la longitud de las tareas. Por un lado, hay tareas cortas que van desde 5 hasta 11 días, como presentación de informe y acta de seguimiento y recolección de datos internos de Maquinobras S.A.S. Por otro lado, hay tareas largas que pueden pasar de 60 días, como por ejemplo validación técnica y tiempos muertos. Esta diversidad va de la mano con la naturaleza del propio proyecto, el cual combina trabajos de análisis, de capacitación, y otros trabajos de campo.

2. Actividades críticas de alta duración:

- Validación técnica (66 días)

- Tiempos muertos (67 días)

En el histograma, hay unos pocos picos que destacan por encima del resto. Estos corresponden a fases cruciales de ejecución y seguimiento, donde el control es fundamental. La duración de estas actividades es considerable, lo que significa que, si no se gestionan correctamente, pueden generar retrasos importantes. Para mitigar este riesgo, es vital planificar con anticipación y mantener un monitoreo constante, ya que estos picos pueden tener un impacto significativo en el resultado final. La combinación de una planeación preventiva y un monitoreo atento es esencial para gestionar estos periodos críticos de manera efectiva.

3. Carga media de actividades:

Un conjunto de tareas clave, que se extienden entre 10 y 60 días, forman el núcleo del proyecto. Esto incluye criterios de aceptación, análisis y priorización, validación de requisitos y ejecución de plan piloto. Esas tareas son fundamentales porque establecen la base técnica y aseguran que el plan de mantenimiento se implemente de manera efectiva. Son procesos continuos que a menudo se traslapan, lo que hace necesario un Control preciso de los recursos disponibles para garantizar una ejecución exitosa.

4. Actividades de corta duración y de cierre:

Hay algunas tareas que pueden tardar menos de 20 días en completarse, como registros, firmas de conformidad, revisión de lecciones aprendidas y aprobación final por parte del patrocinador. Aunque no llevan mucho tiempo, son fundamentales para el papeleo y el cumplimiento de los contratos. De esta manera, se asegura que el proyecto tenga un cierre formal y quede constancia documental de lo que sucedió. Esto es importante para mantener un orden y dejar constancia de todo.

5. Equilibrio en la distribución:

El histograma revela que, pese a la existencia de picos altos, la mayor parte de las actividades se encuentra concentrada en rangos medios y bajos. Esto permite asignar los recursos humanos y materiales de manera progresiva, lo que a su vez evita la permanente saturación del cronograma.

Conclusión

En resumen, para evitar retrasos, es fundamental asegurarse de que las tareas de mediana complejidad estén bien coordinadas, así se evitan obstáculos que puedan ralentizar el flujo de trabajo. En muchas ocasiones, es crucial vigilar aquellas tareas que tienen una duración más prolongada, pues son las que suelen acumular la mayor carga de trabajo. Esto incluye estar al tanto de la disponibilidad de los recursos, minimizar los tiempos muertos y asegurarse de que todo el personal reciba la capacitación necesaria para llevar a cabo sus tareas de manera efectiva.

Es importante destacar que las actividades cortas de cierre, aunque requieren menos tiempo, juegan un papel fundamental en la aceptación final del proyecto. De hecho, a menudo son estos detalles los que hacen la diferencia en la percepción general del trabajo realizado. Por lo tanto, conviene prestar especial atención a estas tareas para asegurarse de que se complete el proyecto de manera satisfactoria. Al examinar el histograma, se puede optimizar la asignación de recursos en función del tiempo, anticipar momentos de alta demanda y desarrollar planes para igualar la disponibilidad de personal, equipos y materiales según las necesidades específicas de cada etapa. Esto ayuda a mantener todo en equilibrio, de modo que haya suficientes recursos cuando realmente se necesitan.

f. Plan de Capacitación y Desarrollo del Equipo El éxito del proyecto Gestión de Maquinaria Pesada depende en gran medida de la capacidad técnica y la coordinación del equipo humano, así como de su motivación. Para lograrlo, se ha establecido un plan de capacitación

completo que tiene como meta fortalecer las habilidades, compartir conocimientos y asegurarse de que todos los esfuerzos estén alineados con los objetivos generales del proyecto. De esta forma, se busca reducir riesgos y tiempos muertos no planificados en proyectos de construcción.

Objetivos del plan

Lo importante es desarrollar habilidades como la capacidad de liderar, comunicarse de manera efectiva y trabajar bien con los demás.

Sería beneficioso mejorar las habilidades en cuanto a manejo de riesgos, mantener un control sobre los indicadores clave y realizar informes precisos sobre el desempeño.

Desarrollar habilidades técnicas específicas en el mantenimiento anticipado y rutinario, tanto preventivo como predecible, para mejorar la conservación de maquinaria industrial considerablemente grande.

Es fundamental mantenerse al día con las normas de seguridad y los estándares de calidad vigentes. Esto implica una vigilancia constante y actualizaciones regulares para asegurar que se cumplen todas las exigencias vigentes en materia de seguridad y calidad.

Áreas de formación por rol

- Director de Proyecto
 - Gestión avanzada de proyectos (PMBOK, valor ganado, control de costos).
 - Habilidades de liderazgo y negociación con interesados.
 - Auditoría y cierre de proyectos.
- Coordinador Operativo
 - Planificación de mantenimiento preventivo y predictivo.
 - Técnicas de programación y control de maquinaria en obra.

- Uso de software de control y seguimiento (MS Project, tableros KPI).
- Mecánico Jefe
 - Diagnóstico avanzado de fallas mecánicas y electrónicas.
 - Manejo de tecnologías de monitoreo predictivo (sensores, telemetría).
 - Protocolos de seguridad en operaciones de mantenimiento.
- Operadores de Maquinaria (Excavadoras y Vibro compactador)
 - Buenas prácticas operativas para minimizar tiempos muertos.
 - Uso eficiente de equipos en condiciones críticas de obra.
 - Mantenimiento básico de primer nivel y reportes de incidencias.
- Asistente Administrativo
 - Gestión documental y control de versiones.
 - Manejo de software para informes, reportes de costos y cumplimiento normativo.
 - Soporte en la comunicación con proveedores y clientes internos.
- Proveedor de Repuestos
 - Gestión de inventarios y logística de suministros.
 - Estrategias de trazabilidad de repuestos.
 - Cumplimiento de estándares de calidad en suministros.

Metodología y fases de capacitación

1. Diagnóstico inicial de competencias

Evaluación de habilidades actuales y brechas de conocimiento en cada rol.

2. Capacitación teórica-práctica

- Talleres presenciales y virtuales.

- Ejercicios prácticos en obra y en simuladores.
- Charlas de seguridad industrial.

3. Prácticas supervisadas

Se lleva a cabo la ejecución en terreno de las tareas de mantenimiento y las operaciones diarias de los equipos, todo bajo la atenta supervisión tanto del Mecánico Jefe como del Coordinador Operativo.

4. Evaluación de desempeño

Se combina teoría y práctica en una aplicación que ofrece comentarios personalizados.

5. Certificación interna

Se entregan constancias de participación y aprobación para cada uno de los módulos de formación.

6. Desarrollo continuo

Se organizan reuniones periódicas para actualizar a todos sobre las normas de seguridad actuales y cómo gestionar los riesgos de manera efectiva. Asistir a seminarios y cursar estudios externos relacionados con maquinaria pesada es una práctica común. Esto incluye la participación en eventos y programas de capacitación que profundizan en el conocimiento sobre equipo y maquinaria pesada. Se busca mejorar habilidades en este campo.

Indicadores de éxito del plan

- % de personal capacitado en cada módulo ≥ 95 %.
- Reducción de incidentes operativos atribuibles a error humano ≥ 20 %.
- Incremento en la disponibilidad de maquinaria ≥ 90 %.
- Nivel de satisfacción del personal con el plan ≥ 85 %.

El objetivo de este plan es que el equipo del proyecto vaya más allá de simplemente llevar a cabo las tareas que se les han asignado. Lo que se quiere es que también desarrollen habilidades y capacidades que ayuden a fortalecer el funcionamiento de Maquinobras S.A.S. a lo largo del tiempo.

g. Identificación de Procesos de Seguridad y Salud en el Trabajo La seguridad y la salud en el trabajo son fundamentales cuando se está operando y manteniendo maquinaria pesada. Este tipo de trabajo conlleva riesgos significativos que pueden afectar no solo la continuidad de las operaciones, sino también la seguridad del personal y la imagen de la empresa. En última instancia, garantizar la seguridad y la salud en el trabajo es crucial para el éxito y la reputación de cualquier organización.

En concordancia con la Normatividad Colombiana en SST (Ley 1562 de 2012, Decreto 1072 de 2015, Resolución 0312 de 2019) y los estándares internacionales (ISO 45001:2018), se identifican los siguientes procesos:

1. Procesos de Identificación y Evaluación de Riesgos

En cualquier obra, es crucial iniciar con una inspección de seguridad para identificar posibles peligros. Una matriz de peligros y riesgos se elabora para analizar los distintos factores que influyen, como peligros físicos, químicos, ergonómicos, mecánicos, relacionados con la ubicación y aspectos psicosociales. También es importante evaluar regularmente las condiciones de seguridad de los equipos y herramientas para asegurarse de que no representan un riesgo para los trabajadores. Esta evaluación no es un proceso único, sino que debe llevarse a cabo periódicamente para garantizar un entorno de trabajo seguro.

2. Procesos de Prevención y Control

Para prevenir accidentes, es fundamental llevar a cabo procesos de inducción y reinducción en materia de seguridad para todos los empleados. Estos procesos incluyen el uso obligatorio de distintos elementos de protección personal, como cascos, botas, guantes y protectores auditivos, además de chalecos reflectantes, gafas de seguridad y otros elementos similares. Es importante señalar y demarcar adecuadamente las áreas donde se realizan tareas que conllevan riesgos, ya que esto ayuda a evitar accidentes y a crear un ambiente de trabajo más seguro. También se deben implementar protocolos de bloqueo y etiquetado, como el protocolo de bloqueo y etiquetado durante mantenimiento (LOTO), para evitar el arranque accidental de maquinaria durante el mantenimiento. Por supuesto, tener rutinas de mantenimiento preventivo es vital para minimizar las posibilidades de fallas inesperadas que ponen en riesgo la seguridad del personal que opera y mantiene los equipos y las instalaciones.

3. Procesos de Capacitación y Concientización

En el lugar de trabajo, es fundamental ofrecer capacitaciones y programas de concientización sobre seguridad. Estos pueden incluir programas de formación especializados en el manejo seguro de maquinaria pesada, talleres prácticos sobre ergonomía para prevenir lesiones, consejos sobre cómo manipular cargas de manera segura y la importancia de hacer pausas activas para evitar el agotamiento. Además, se organizan simulacros de evacuación y se imparten cursos de primeros auxilios de forma periódica, lo que ayudará a todos a estar preparados en caso de emergencia. La seguridad es un aspecto muy importante en el día a día y estos programas ayudan a crear un ambiente de trabajo más seguro y saludable.

4. Procesos de Vigilancia de la Salud

Se llevan a cabo exámenes médicos en diferentes etapas: al ingresar, de forma periódica y al finalizar. Además, se implementan programas para seguir de cerca ciertos riesgos, como los

relacionados con los problemas osteomusculares, el ruido y las vibraciones. Siempre se está atento a cualquier caso de enfermedad ocupacional o accidente laboral, asegurándose de dar el seguimiento correspondiente. Esto forma parte de los esfuerzos para proteger la salud y el bienestar de todos.

5. Procesos de Atención y Respuesta a Emergencias

La atención y respuesta adecuada en caso de emergencias es esencial. Todo comienza con la conformación y entrenamiento de una brigada de emergencias bien preparada. Cada obra requiere un plan específico para enfrentar situaciones como incendios, derrames o volcamientos de maquinaria, adaptado a sus necesidades únicas. Además, es fundamental asegurar que haya acceso a botiquines y equipos de primeros auxilios para poder actuar rápidamente en caso de un accidente. También es imprescindible coordinar con entidades externas como las autoridades de rescate, los bomberos y los servicios médicos para tener una respuesta integral y oportuna cuando se necesite.

6. Procesos de Monitoreo y Mejora Continua

Para garantizar un lugar de trabajo seguro, es fundamental llevar a cabo algunas tareas de manera regular. Auditorías internas de seguridad y salud en el trabajo suelen ser el punto de partida. Estas revisiones detalladas permiten identificar áreas de riesgo y mejora al interior de la empresa. Además, cada vez que ocurre un incidente o accidente, es importante generar un informe y realizar una investigación exhaustiva. Análisis detallados de estos eventos son esenciales para comprender lo sucedido y cómo se podría evitar en el futuro. En paralelo, se deben implementar sistemas para monitorear el desempeño en materia de salud y seguridad en el trabajo. Algunos indicadores clave incluyen la frecuencia con la que se presentan incidentes, la severidad de estos, y el índice global de accidentalidad. Una vez que se hayan determinado, es

crucial utilizar estos indicadores para elaborar planes efectivos que aborden las fallas encontradas. Finalmente, poner en marcha acciones correctivas y preventivas dirigidas a aquellos puntos vulnerables detectados es esencial para mejorar la situación sobre el terreno. En este contexto, implementar medidas preventivas puede ayudar a minimizar el riesgo de que se repitan incidentes o accidentes en el futuro. De esta manera, un lugar de trabajo más seguro, saludable y productivo es el resultado esperado.

En resumen, al reconocer los posibles riesgos en el lugar de trabajo, se pueden tomar medidas para minimizarlos y así cumplir con las regulaciones vigentes. De esta manera, el personal puede desenvolverse en un entorno más seguro. Esto no solo beneficia la seguridad general, sino que también ayuda a que los proyectos avancen sin interrupciones innecesarias debido a accidentes o negligencias. En última instancia, esta práctica fortalece la importancia de la prevención dentro de la empresa, promoviendo una cultura de seguridad y responsabilidad compartida.

h. Esquema de Contratación y Liberación del Personal La gestión efectiva del personal es clave para el buen resultado de un proyecto. Esto implica asegurarse de tener el talento necesario en los momentos importantes y proceder a una liberación ordenada de personal cuando el proyecto llegue a su fin. Todo esto debe hacerse cumpliendo con las reglas laborales del país, como lo establecen el Código Sustantivo del Trabajo, la Ley 50 de 1990 y la Ley 100 de 1993, así como con las políticas internas de la empresa.

1. Contratación del Personal

El proceso de contratación debe ser transparente, asegurando que las personas adecuadas sean elegidas basándose en criterios claros y respetando todas las normas aplicables.

- Definición de perfiles y competencias: Se determinan los requisitos técnicos y la experiencia mínima necesarios para cada puesto, ya sea operador, mecánico, coordinador de operaciones, asistente administrativo, entre otros. Esto da como resultado la definición clara de perfiles y competencias para garantizar que cada persona tenga las habilidades y conocimientos adecuados para realizar su trabajo de manera efectiva. Los detalles específicos de cada cargo son clave para encontrar a las personas idóneas y garantizar un buen desempeño laboral.
- Proceso de selección: El proceso de selección incluye varias etapas. Primero, se lanza una convocatoria para atraer a los candidatos. Luego, se llevan a cabo entrevistas para evaluar a los postulantes. Además, se realizan pruebas técnicas o prácticas para valorar sus habilidades y conocimientos en detalle.
- Vinculación contractual: según la necesidad del proyecto, los contratos podrán ser:
 - A término fijo durante la duración del proyecto.
 - Por obra o labor para roles específicos asociados a entregables definidos.
 - Contratación de proveedores externos bajo órdenes de servicio (ej. proveedor de repuestos).
- Inducción y capacitación inicial: Al inicio, es fundamental una inducción y capacitación adecuada, cubriendo tanto los aspectos técnicos como aquellos relacionados con la seguridad y salud en el trabajo, además de los procedimientos internos específicos de la empresa.
- Registro y documentación: Para empezar, todo comienza con la firma de un contrato. Luego, se da la afiliación a la seguridad social, que incluye cosas como

la EPS, la ARL, la pensión y la caja de compensación. Después de eso, el empleado recibe su equipo de protección personal, o EPP. Por último, todo se documenta y se carga en el sistema de control de personal, para tener un registro oficial y completo de toda la información.

2. Gestión Durante la Ejecución

Durante el desarrollo de un proyecto, es clave llevar un seguimiento detallado del desempeño. Esto se logra mediante el uso de indicadores que evalúan la productividad, la calidad del trabajo y cómo se están cumpliendo los roles asignados. Las evaluaciones regulares también son fundamentales para verificar las competencias técnicas y asegurarse de que todos estén siguiendo las normas de seguridad. Además, se deben ofrecer capacitaciones y talleres para mantener conocimientos actualizados en áreas como el mantenimiento preventivo, la operación de equipos y la cultura de seguridad. Estos esfuerzos por la capacitación deben estar acompañados de incentivos para aquellas personas que alcanzan o superan sus metas y muestran un desempeño destacado.

3. Liberación del Personal

Se llevará a cabo una liberación del personal de forma organizada y estructurada. El objetivo principal es cumplir con todos los requisitos legales y al mismo tiempo minimizar cualquier efecto nocivo en la moral y la dinámica del equipo.

- Reasignación interna: cuando sea posible, se reubica al personal en otros proyectos de la organización.
- Finalización de contratos: en concordancia con la duración pactada y con liquidación de prestaciones sociales (cesantías, intereses, vacaciones, prima de servicios).

- Entrega de responsabilidades: cierre de actividades pendientes, devolución de equipos, herramientas y documentos.
- Retroalimentación final: reuniones de cierre con el equipo para identificar oportunidades de mejora.
- Certificación de participación en el proyecto, como reconocimiento a la labor desempeñada.

4. Beneficios del Esquema

Un esquema bien diseñado puede tener varios beneficios. Por ejemplo, garantiza que haya alguien capacitado para ocupar los roles críticos en cada fase, lo que reduce el riesgo de dejar vacíos importantes. Además, al cumplir con las normas legales y laborales, se minimizan los riesgos de problemas legales o laborales. Cuando los empleados saben cómo encajan en la estructura de la organización y bajo qué condiciones pueden entrar o salir, tienden a estar más motivados y comprometidos con su trabajo. Finalmente, un buen esquema asegura que antes de que alguien se vaya, se transfiera el conocimiento y la documentación necesarios, lo que evita pérdidas de información valiosa.

i. Definición de Indicadores de Medición de Desempeño del Equipo y Esquema de Incentivos y Recompensas La evaluación del desempeño del equipo es fundamental en un proyecto, porque ayuda a supervisar cómo se está trabajando, si el trabajo es de buena calidad y si cada persona está haciendo lo que se le pidió. De esta manera, se asegura que todos trabajen hacia los mismos objetivos.

1. Indicadores de Desempeño del Equipo

Se definen indicadores específicos, cuantitativos y cualitativos, asociados a los principales roles del proyecto:

a. Indicadores de Productividad

- Cumplimiento de cronograma (% de tareas completadas a tiempo)
 - Fórmula: $(\text{Tareas completadas} / \text{Tareas planificadas}) \times 100$
 - Meta: $\geq 90 \%$
- Eficiencia operativa de maquinaria (horas efectivas / horas programadas)
 - Meta: $\geq 85 \%$

b. Indicadores de Calidad

- Número de incidencias mecánicas recurrentes
 - Meta: $\leq 15 \%$ de reducción frente a línea base.
- Cumplimiento de estándares técnicos en inspecciones
 - Meta: $\geq 95 \%$ de conformidad.

c. Indicadores de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST)

- Tasa de accidentes/incidentes laborales
 - Meta: 0 accidentes graves.
- Cumplimiento en uso de EPP y protocolos de seguridad
 - Meta: $\geq 98 \%$.

d. Indicadores de Gestión Humana

- Participación en capacitaciones (% de asistencia)
 - Meta: $\geq 95 \%$.
- Nivel de satisfacción del equipo (medido por encuestas internas semestrales).
 - Meta: $\geq 4/5$ en escala Likert.

2. Esquema de Incentivos y Recompensas

El esquema busca reconocer el esfuerzo individual y colectivo, fortaleciendo la motivación y el compromiso del equipo:

a. Incentivos Individuales

En materia de estímulo personal, se cuenta con diversas opciones para fomentar el rendimiento óptimo. Por un lado, existen bonificaciones económicas para aquellos que logren cumplir los objetivos tanto de productividad como de seguridad. Además, se otorgan reconocimientos que toman la forma de certificados de excelencia o menciones especiales durante las reuniones de finalización de cada fase. También, para quienes destacan por su alto desempeño, se ofrecen posibilidades de avanzar en su formación, lo que impulsa su crecimiento profesional de manera continuada.

b. Incentivos Colectivos

Los incentivos colectivos juegan un papel clave. Se entregan premios cuando el grupo logra ciertos hitos importantes, como reducir los tiempos muertos o terminar fases de manera anticipada. Además, el proyecto financia actividades de integración, como jornadas recreativas y capacitaciones que van acompañadas de refuerzo motivacional. Estas actividades fortalecen los lazos entre los miembros del equipo y los motiva a trabajar juntos hacia objetivos comunes.

c. Recompensas Intangibles

La flexibilidad es algo que se valora mucho. Pueden gozar de horarios más relajados en momentos cuando las cosas no son tan apuradas, siempre y cuando estén alcanzando sus metas. Además, se da la oportunidad de participar en las decisiones que se toman a diario, lo que es una excelente forma de compartir responsabilidades y hacer que todo funcione más como un equipo. Al final de cada proyecto, también se puede obtener una certificación que demuestre todo lo que se ha aprendido, lo que puede ser realmente útil para la carrera.

3. Beneficios del Sistema

Este sistema ofrece varias ventajas. Por un lado, garantiza que los objetivos planteados en un proyecto se alineen con el desempeño del equipo. Esto no solo motiva a los miembros del equipo, sino que también les ofrecen recompensas, tanto en términos económicos como no económicos, lo que puede aumentar realmente la motivación. Como resultado, el trabajo se hace más productivo y de mejor calidad. Además, se reduce el riesgo de que valiosos empleados abandonen la empresa, lo cual a su vez facilita la retención de talento para proyectos futuros, creando así un círculo virtuoso.

j. Identificación de Habilidades Blandas Para el Desarrollo del Proyecto El éxito de un proyecto no viene solamente de planificar bien desde el punto de vista técnico y de utilizar los recursos de manera eficiente. Las cualidades personales y la forma en que los miembros del equipo interactúan entre sí también juegan un papel crucial. Un ambiente de trabajo armonioso, donde cada uno se sienta cómodo y valorado, hace que el grupo trabaje mejor en equipo y sepa cómo manejar problemas cuando surjan. Esto, a su vez, facilita encontrar soluciones efectivas a los desafíos que van apareciendo durante el desarrollo del proyecto, lo que al final contribuye a su éxito general.

A continuación, se identifican y contextualizan las habilidades blandas clave requeridas:

1. Liderazgo

El liderazgo juega un papel clave en el éxito de un proyecto, sobre todo cuando se tratan roles como el de Director de Proyecto o Coordinador Operativo. En esencia, se trata de guiar a los miembros del equipo hacia un objetivo compartido, asegurándose de que todos estén trabajando en la misma dirección. Esto permite a los líderes tomar decisiones en el momento adecuado y hacer frente a los cambios de manera efectiva, lo cual a su vez fomenta la motivación

y la confianza dentro del equipo. Un buen líder sabe inspirar y mantener unida a su equipo, elementos clave para lograr los objetivos planteados. En última instancia, el liderazgo efectivo es lo que marca la diferencia entre un proyecto que avanza sin contratiempos y aquel que se ve obstaculizado por la indecisión y la falta de rumbo.

2. Empoderamiento

El empoderamiento es clave para dar a cada persona del equipo la responsabilidad de tomar decisiones importantes. Esto anima a todos a participar activamente en el equipo y a tomar decisiones sin necesidad de consultar constantemente a sus superiores. Al hacerlo, se reduce la necesidad de autorizaciones y se mejora la forma en que trabajan juntos, lo que hace que el trabajo sea más eficiente. Al final, cada miembro del equipo se siente más autosuficiente y puede funcionar mejor por su cuenta.

3. Creatividad e Innovación

Resolver problemas inesperados es un desafío constante, sobre todo cuando se trata de gestionar máquinas y poner en marcha mejoras técnicas. La creatividad y la innovación juegan un papel crucial a la hora de generar soluciones que no solo funcionen, sino que también sean sostenibles. Gracias a ellas, es posible continuar mejorando los procesos, tanto en la parte operativa como en la administrativa. Esto también permite adaptarse más fácilmente a situaciones que no se hubieran previsto, lo que puede ser una gran ventaja en muchos sentidos. Al fin y al cabo, estar dispuestos a innovar permite mantenerse en constante evolución y encontrar formas nuevas de abordar desafíos viejos.

4. Trabajo Colaborativo

En todo proyecto, lo que realmente hace que las cosas funcionen es cuando todos trabajan juntos, independientemente de si son directivos, operativos o administrativos. Esto facilita que la

información fluya libremente entre las diferentes partes del proyecto, como las áreas técnicas y administrativas. De esta manera, se garantiza que cada actividad interdependiente marche en armonía y, lo que es más importante, el equipo siente que todos están en el mismo barco, fortaleciendo así su sentido de pertenencia y trabajando más unidos.

5. Manejo de Conflictos

La diversidad de intereses entre los involucrados, ya sean de dentro o de fuera, crea tensiones que requieren un manejo adecuado. Sin este, los conflictos pueden hacer que todo se detenga. Al abordarlos de forma efectiva, los desacuerdos pueden convertirse en oportunidades para mejorar. Esto conduce a un ambiente laboral más saludable y estable en el tiempo.

6. Comunicación Asertiva

La comunicación clara es fundamental en cada etapa de un proyecto. Ayuda a evitar malentendidos y asegura que todos entiendan lo que se espera de ellos. De esta manera, es más fácil dar y recibir instrucciones, y todo el mundo está en la misma longitud de onda. Esto crea un ambiente de transparencia y confianza dentro del equipo, lo que a su vez ayuda a que patrocinadores, directivos y miembros del equipo estén todos en la misma página, trabajando hacia un objetivo común. Esto facilita mucho las cosas y hace que el trabajo fluya mejor.

Al final, todo se resume en que tener un equipo con habilidades bien desarrolladas puede marcar una gran diferencia. No solo es cuestión de que cada persona sepa bien su trabajo desde un punto de vista técnico, sino también de cómo trabajan juntos como un equipo. Que sean cohesivos, capaces de superar obstáculos y muy eficientes a la hora de gestionar los aspectos humanos y organizativos es fundamental. Estas cualidades son clave para lograr lo que se propone dentro de los límites de tiempo, presupuesto y calidad que se han fijado.

3.2.8. Plan de Gestión del Riesgo

a. Identificación de Riesgos y Determinación de Umbral La gestión del riesgo es básicamente un proceso organizado para detectar, analizar y mitigar situaciones que puedan afectar el progreso del proyecto sobre la “Gestión de Maquinaria Pesada: Reducción de Riesgos Operativos y Tiempos Muertos no Planificados en Proyectos de Construcción”.

1. Identificación de riesgos principales

Con base en el análisis del contexto interno (operación de Maquinobras SAS) y externo (sector de la construcción en Colombia), se identifican los siguientes riesgos:

- a. Riesgos técnicos y operativos
 - Fallas mecánicas en maquinaria pesada por desgaste o deficiencia en mantenimiento.
 - Retrasos en la implementación del plan de mantenimiento preventivo y predictivo.
 - Disponibilidad limitada de repuestos críticos en el mercado.
 - Inadecuada capacitación de operadores y personal técnico.
- b. Riesgos de seguridad y salud en el trabajo
 - Accidentes laborales por operación de maquinaria.
 - Exposición a condiciones ambientales adversas (clima, polvo, ruido).
 - Riesgos ergonómicos en operadores por jornadas prolongadas.
- c. Riesgos financieros
 - Incremento de costos por sobreuso de maquinaria o imprevistos en repuestos.
 - Variación en los precios del combustible y lubricantes.

- Retrasos en pagos de clientes que afecten la liquidez del proyecto.
- d. Riesgos de gestión y administrativos
 - Deficiencias en la comunicación entre áreas (operativa, mecánica y administrativa).
 - Demoras en aprobación de entregables por parte del patrocinador.
 - Riesgo de fuga de información o pérdida de registros históricos.
- e. Riesgos externos
 - Cambios en normatividad ambiental o laboral.
 - Fenómenos naturales (lluvias intensas, inundaciones) que afecten la operación.
 - Conflictos con comunidades locales o terceros.

2. Determinación de umbral de riesgos

En todo proyecto, hay un punto límite que marca el nivel más alto de exposición que se está dispuesto a aceptar. Si se supera este límite, el evento en cuestión se considera inaceptable y se requiere tomar medidas de inmediato para mitigar el riesgo. Es importante identificar claramente este umbral para poder actuar con prontitud cuando sea necesario.

En este proyecto, el umbral se define en tres dimensiones:

- Probabilidad: Riesgos con una probabilidad ≥ 60 % requieren planes de respuesta inmediatos.
- Impacto en tiempo: Retrasos superiores a 15 días en el cronograma se consideran críticos.
- Impacto en costos: Afectaciones que superen el 10 % del presupuesto total del proyecto ($\approx$ \$54.036.400 COP) exceden el umbral aceptable.

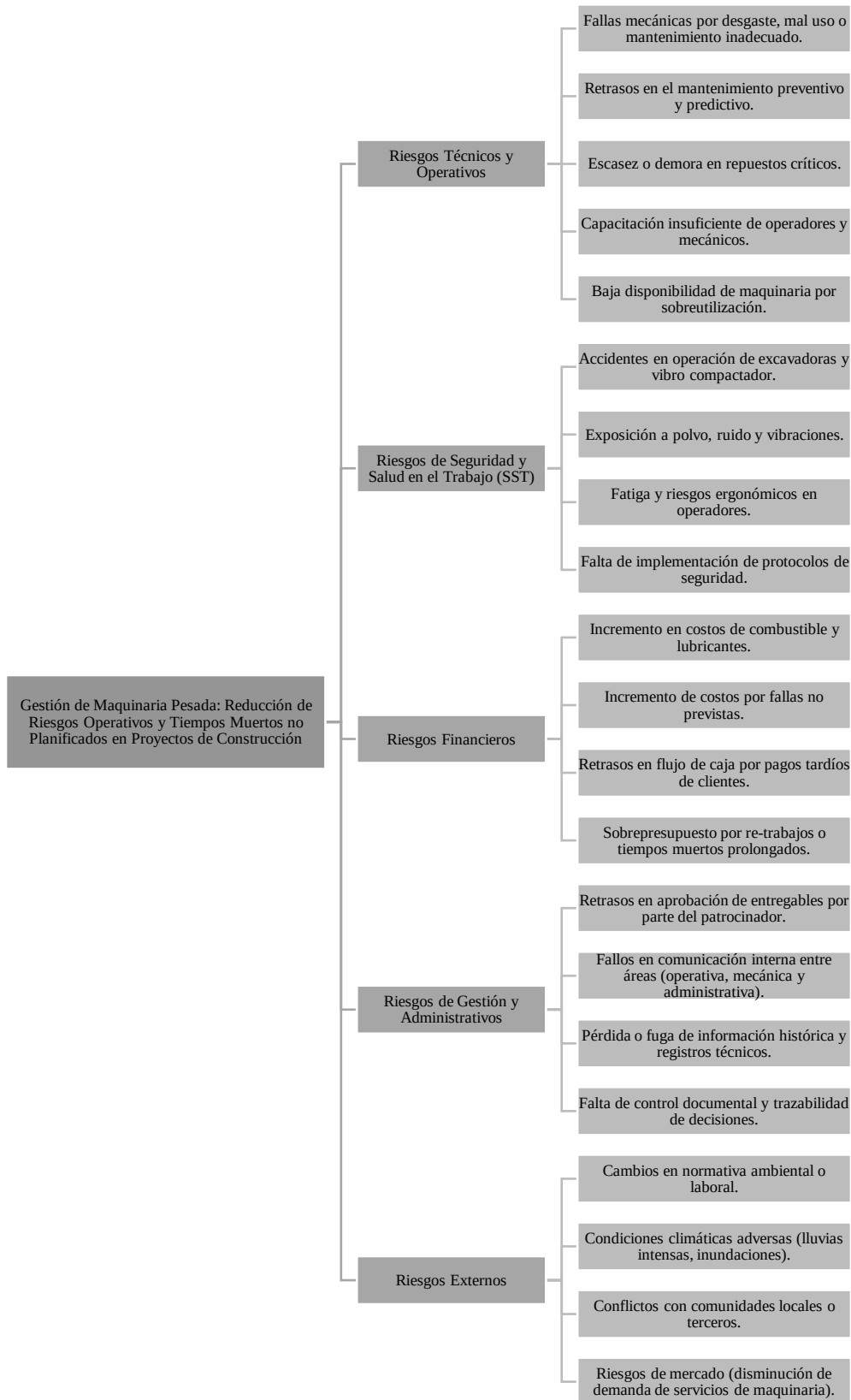
En resumen, en cuanto a la seguridad y la salud en el trabajo, se ha marcado un objetivo muy claro: no se permitirán riesgos innecesarios. Cualquier incidente que pueda poner en peligro a los trabajadores se considerará inaceptable y se tomarán medidas al instante para evitar que vuelva a suceder.

La identificación y definición del umbral de riesgos son fundamentales para tomar medidas adecuadas y mantener un seguimiento constante. Al hacerlo, se pueden distinguir los riesgos más importantes y crear un plan de acción específico que se ajuste a los objetivos generales del proyecto. Esto ayudará a enfocar esfuerzos en los aspectos más críticos, mejorando la capacidad de respuesta y ajustando la estrategia según sea necesario.

b. Risk Breakdown Structure -RiBS- El Risk Breakdown Structure, o simplemente RiBS, es básicamente una herramienta que permite organizar todos los riesgos que pueden surgir en un proyecto. Esto se hace de una manera jerárquica, lo que significa que los riesgos se clasifican en grandes categorías y luego en subcategorías más específicas. De esta forma, es mucho más fácil analizarlos, determinar cuáles son los más importantes y gestionarlos adecuadamente en cada etapa del proyecto.

En el proyecto “Gestión de Maquinaria Pesada: Reducción de Riesgos Operativos y Tiempos Muertos no Planificados en Proyectos de Construcción”, la estructura de descomposición de riesgos se define de la siguiente manera:

Figura 20. RiBS



Fuente: Construcción del autor.

El RiBS proporciona una visión clara y organizada de los riesgos que pueden influir en el proyecto. De esta manera, se pueden detectar las áreas más importantes que requieren atención, ya sea desde el punto de vista técnico, operativo o de seguridad y salud en el trabajo. Al priorizar las áreas con mayor influencia en la continuidad de las operaciones, se facilita la creación de la matriz de riesgos, que se utiliza para realizar un análisis profundo, tanto de los aspectos cualitativos como cuantitativos. Esta descomposición detallada es fundamental para entender mejor los riesgos y tomar medidas adecuadas para mitigarlos.

c. Análisis de Riesgos del Proyecto El análisis de riesgos se realizó en dos fases complementarias:

1. Análisis Cualitativo de Riesgos

En esta etapa se evaluaron los riesgos identificados en la RiBS con base en dos criterios principales:

- Probabilidad de ocurrencia (P): se valoró en escala de 1 a 5 (Muy Baja a Muy Alta).
- Impacto (I): se valoró en escala de 1 a 5, considerando el efecto sobre costo, tiempo, alcance y calidad.
- Nivel de Riesgo (NR): se calculó como $NR = P \times I$.

Tabla 81. Ejemplo de matriz cualitativa de riesgos

ID	Riesgo	Probabilidad (1-5)	Impacto (1-5)	Nivel de Riesgo (P×I)	Clasificación
R1	Falla mecánica en excavadora	4	5	20	Alto
R2	Accidentes laborales (operador)	3	5	15	Alto

ID	Riesgo	Probabilidad (1-5)	Impacto (1-5)	Nivel de Riesgo (P×I)	Clasificación
R3	Incremento en costo del diésel	4	3	12	Medio
R4	Retraso en aprobación de entregables	3	3	9	Medio
R5	Condiciones climáticas adversas	2	4	8	Medio
R6	Escasez de repuestos críticos	3	4	12	Medio-Alto
R7	Retraso en pagos de clientes	2	5	10	Medio
R8	Pérdida de registros técnicos	2	3	6	Bajo

Fuente: Construcción del autor.

Lo más importante son los riesgos de fallas mecánicas y accidentes laborales. Ambos son muy críticos y es fundamental priorizarlos cuando se planifica la respuesta. Esto permitirá abordarlos de manera efectiva y minimizar su impacto negativo.

2. Análisis Cuantitativo de Riesgos

Para los riesgos priorizados, se estimó el Valor Económico Esperado (VEE), aplicando la fórmula:

$$VEE = Probabilidad * Impacto(\text{costo esperado})$$

Tabla 82. Ejemplo de cálculo del VEE (en COP)

ID	Riesgo	Prob. (%)	Impacto estimado (COP)	VEE (COP)
R1	Falla mecánica excavadora	40%	\$60.000.000	\$24.000.000
R2	Accidentes laborales (operador)	30%	\$50.000.000	\$15.000.000
R3	Incremento costo del diésel	40%	\$20.000.000	\$8.000.000
R6	Escasez de repuestos críticos	30%	\$25.000.000	\$7.500.000

ID	Riesgo	Prob. (%)	Impacto estimado (COP)	VEE (COP)
R7	Retraso en pagos de clientes	20%	\$40.000.000	\$8.000.000

Fuente: Construcción del autor.

Total VEE de los riesgos priorizados = \$62.500.000 COP

3. Interpretación de resultados

- El valor total destinado a enfrentar imprevistos VEE, que asciende a \$62,5 millones COP, es la cantidad que se considera necesaria para cubrir los efectos negativos que pudieran surgir de los riesgos más significativos.
- Lo que más preocupa es el riesgo de fallos mecánicos, que puede llegar a costar unos 24 millones de pesos. Esto muestra claramente por qué es tan importante tener un buen plan de mantenimiento preventivo y gestionar bien los repuestos importantes.
- La seguridad laboral es un aspecto que no se puede pasar por alto, sobre todo cuando se corre el riesgo de enfrentar costos millonarios, como los 15 millones de pesos colombianos. Para evitar esto, lo más importante es establecer protocolos de seguridad estrictos y brindar una capacitación adecuada a los empleados, además de proporcionarles los equipos de protección necesarios para realizar su trabajo de manera segura.
- En cuanto a los riesgos financieros, se tienen que considerar problemas como retrasos en los pagos y aumentos en los costos de la energía. Estos problemas juntos superan los \$16 millones COP, por lo que es necesario elaborar un plan para controlar los gastos y negociar con los proveedores y clientes.

d. Matriz de Riesgos En la matriz de riesgos, se combinan varios componentes clave: la identificación, el análisis en términos de calidad y cantidad, junto con la probabilidad de que

algo suceda, el impacto potencial, la gravedad de las consecuencias, las estrategias para afrontar el problema y los equipos responsables de llevar a cabo la gestión.

Tabla 83. Matriz de riesgos del proyecto

ID	Riesgo	Categoría	Probabilidad	Impacto	Nivel de Riesgo (P×I)	Valor Económico Esperado (VEE – COP)	Estrategia de respuesta	Responsable
R1	Falla mecánica en excavadora	Técnico	Alta (40%)	Muy Alto (\$60M)	20 (Alto)	\$24.000.000	Mitigar: mantenimiento preventivo, stock de repuestos críticos	Mecánico Jefe / Coordinador Operativo
R2	Accidentes laborales de operador	Seguridad	Media (30%)	Muy Alto (\$50M)	15 (Alto)	\$15.000.000	Mitigar: capacitación, EPP, protocolos SST	Director de Proyecto / Coordinador Operativo
R3	Incremento en costo del diésel	Financiero	Alta (40%)	Medio (\$20M)	12 (Medio)	\$8.000.000	Transferir/mitigar: negociación con proveedores, contratos de ajuste	Asistente Administrativo
R4	Retraso en aprobación de entregables	Gestión	Media (30%)	Medio (\$15M)	9 (Medio)	\$4.500.000	Evitar/mitigar: reuniones de validación periódica con patrocinador	Director de Proyecto
R5	Condiciones climáticas adversas	Externo	Baja (20%)	Alto (\$30M)	8 (Medio)	\$6.000.000	Aceptar con plan de contingencia: reprogramar actividades	Director de Proyecto
R6	Escasez de repuestos críticos	Técnico	Media (30%)	Alto (\$25M)	12 (Medio-Alto)	\$7.500.000	Mitigar: contratos marco con proveedores estratégicos	Proveedor de Repuestos / Mecánico Jefe
R7	Retraso en pagos de clientes	Financiero	Baja (20%)	Alto (\$40M)	10 (Medio)	\$8.000.000	Transferir: cláusulas contractuales y anticipo	Asistente Administrativo
R8	Pérdida de registros técnicos	Gestión	Baja (20%)	Medio (\$15M)	6 (Bajo)	\$3.000.000	Mitigar: respaldos en nube y físico	Asistente Administrativo

Fuente: Construcción del autor.

Análisis de la matriz

1. Riesgos críticos: Los riesgos críticos se centran en R1 y R2, que tienen los impactos financieros más significativos, con una VEE de 24 millones y 15 millones, respectivamente. En vista de esto, se han dado prioridad a medidas de

mitigación urgentes que abarcan tanto el mantenimiento como la seguridad laboral.

2. Riesgos financieros: Hay dos riesgos financieros importantes: R3 y R7. Juntos, ambos representan una exposición de 16 millones. Esto muestra que es crucial contar con un plan financiero bien estructurado, que incluya el control de los gastos y la capacidad de negociar con clientes y proveedores de manera efectiva.
3. Riesgos de gestión y externos: En lo que respecta a los riesgos, hay dos que, aunque no tienen un gran impacto, todavía pueden influir en el cronograma: el R4 y el R5. Para mitigar estos riesgos, lo más práctico sería establecer reuniones periódicas de control y dejar cierta flexibilidad en la programación, de manera que, si surgieran imprevistos, se puedan acomodar los cambios sin afectar demasiado el proyecto en su conjunto.
4. Contingencia recomendada: En el caso de las provisiones para imprevistos, lo más aconsejable sería tener en cuenta la suma del valor estimado de los riesgos más importantes, que asciende a \$62,5 millones de pesos colombianos, como una reserva de fondos para afrontar cualquier eventualidad que pueda surgir en el transcurso del proyecto.

Con este enfoque se obtiene una perspectiva completa del riesgo. Al considerar todos los aspectos, como identificación, probabilidad, impacto y respuesta, se simplifica enormemente el proceso de tomar decisiones importantes de manera rápida y efectiva. Esto permite actuar con rapidez y seguridad cuando surgen situaciones críticas.

e. Plan de Respuesta a Riesgo, Rastreando y Monitoreando los Riesgos Residuales

Para enfrentar los riesgos, se necesita un plan que detalle acciones concretas para cada amenaza.

Esto implica elegir a las personas que se harán cargo de cada tarea y encontrar formas de supervisar el progreso y asegurarse de que todo marche según lo previsto.

Tabla 84. Plan de respuesta a riesgos priorizados

ID	Riesgo	Estrategia	Acciones específicas	Responsable	Riesgo residual
R1	Falla mecánica en excavadora	Mitigar	- Implementar plan de mantenimiento preventivo semanal. - Mantener kit de repuestos críticos. - Auditoría mensual de estado mecánico. - Capacitación trimestral en SST.	Mecánico Jefe / Coordinador Operativo	Riesgo reducido a nivel medio (posibles fallos menores, bajo impacto económico).
R2	Accidentes laborales de operador	Mitigar	- Supervisión diaria del uso de EPP. - Simulacros de emergencia semestrales. - Contratos con proveedores con precio pactado.	Director de Proyecto / Coordinador Operativo	Riesgo residual bajo: incidente menor sin incapacidad laboral.
R3	Incremento en costo del diésel	Transferir/Mitigar	- Monitoreo mensual de variaciones. - Presupuesto con margen del 5%.	Asistente Administrativo	Riesgo residual bajo-medio (subida extraordinaria de precios).
R4	Retraso en aprobación de entregables	Evitar/Mitigar	- Reuniones de avance semanales. - Validación incremental de entregables.	Director de Proyecto	Riesgo residual bajo: retrasos menores de 1-2 días.

ID	Riesgo	Estrategia	Acciones específicas	Responsable	Riesgo residual
R5	Condiciones climáticas adversas	Aceptar con contingencia	- Implementar aprobaciones parciales. - Monitoreo meteorológico semanal. - Plan de reprogramación flexible. - Actividades bajo techo priorizadas en caso de lluvia.	Director de Proyecto	Riesgo residual medio: demora de algunas actividades no críticas.
R6	Escasez de repuestos críticos	Mitigar	- Acuerdos marco con proveedores estratégicos. - Almacenamiento mínimo de repuestos clave. - Seguimiento mensual de stock.	Proveedor de Repuestos / Mecánico Jefe	Residual bajo: retraso de corto plazo mientras llega nuevo stock.
R7	Retraso en pagos de clientes	Transferir	- Establecer anticipos contractuales. - Facturación parcial por hitos. - Fondo de liquidez del 10%. - Respaldos automáticos en la nube.	Asistente Administrativo	Residual medio: flujo de caja afectado pero con mitigación parcial.
R8	Pérdida de registros técnicos	Mitigar	- Copia física semanal. - Control de acceso al sistema documental.	Asistente Administrativo	Residual bajo: pérdida parcial de un registro no crítico.

Fuente: Construcción del autor.

Rastreo y Monitoreo de riesgos residuales

1. Reuniones de control de riesgos: se realizarán cada 15 días, revisando el estado de los riesgos y evaluando su evolución.
2. Registro en bitácora de riesgos: actualización continua en el Risk Log con fecha, impacto y acciones tomadas.
3. Indicadores clave de monitoreo (KRI):
 - % de fallas mecánicas no planificadas.
 - % de cumplimiento en capacitaciones SST.
 - Variación mensual en el precio del diésel.
 - Tiempo promedio de aprobación de entregables.
4. Gestión de riesgos residuales: aquellos que persistan tras aplicar las respuestas se mantendrán en la matriz como riesgos activos, con seguimiento hasta su cierre.
5. Gestión de riesgos emergentes: se habilitará un proceso de identificación temprana de nuevos riesgos en reuniones de seguimiento.

Esto permite cerrar un ciclo completo sobre el riesgo: desde descubrirlo, hasta analizarlo, hacer planes, ponerlos en marcha, seguirlos y finalizar. Así se evitan problemas mayores y se preparan para los menores que no se puedan cambiar.

3.2.9. Plan de Gestión de Adquisiciones

a. Definición y Criterios de Valoración de Proveedores En un proyecto, lo esencial es tener los recursos y materiales adecuados en el momento justo. Por eso, la forma en que se gestionan las adquisiciones es fundamental. Esto garantiza que las máquinas pesadas funcionen correctamente y que se puedan realizar todas las actividades necesarias sin retrasos ni problemas.

Esto asegura que todo marche sin contratiempos, gracias a que los suministros llegan a tiempo y son de confianza.

Definición de proveedores

Los proveedores en este proyecto se clasifican en tres categorías principales:

1. Proveedores de repuestos y consumibles: Los proveedores de repuestos y consumibles juegan un papel crucial. Su función es proporcionar todas las piezas importantes, kits de mantenimiento, lubricantes, filtros y otros consumibles necesarios para que todo siga funcionando sin problemas.
2. Proveedores de combustible y suministros energéticos: Los proveedores de combustible son esenciales, ya que proporcionan el diésel y los aceites necesarios. Estos proveedores se encargan básicamente de tener todo listo para cuando sea necesario.
3. Proveedores de servicios especializados: En el ámbito de los proveedores, están los servicios especializados. Esto incluye, entre otros, talleres externos de reparación, compañías que se dedican a calibrar equipos, quienes ofrecen capacitación en seguridad y salud en el trabajo, y también contratistas que aportan respaldo cuando es necesario.

Criterios de valoración de proveedores

Para seleccionar y evaluar a los proveedores, se utilizará un sistema en el que se asignarán pesos a diferentes factores. Esto permitirá tomar decisiones de manera objetiva, tomando en cuenta varios criterios.

Tabla 85. Criterios de valoración de proveedores

Criterio	Descripción	Peso (%)
Calidad del producto/servicio	Cumplimiento de especificaciones técnicas, durabilidad de repuestos, confiabilidad de insumos.	25%
Cumplimiento en tiempos de entrega	Capacidad de entregar en el plazo acordado, flexibilidad en pedidos urgentes.	20%
Precio y condiciones de pago	Competitividad del costo, descuentos por volumen, posibilidad de crédito o anticipos.	20%
Disponibilidad y continuidad del suministro	Stock permanente, red logística para entrega inmediata, garantías de abastecimiento.	15%
Soporte técnico y servicio postventa	Asistencia en instalación, capacitación, garantía extendida, servicio de mantenimiento.	10%
Cumplimiento legal y normativo	Certificaciones, cumplimiento en seguridad, salud en el trabajo y normativas ambientales.	10%

Fuente: Construcción del autor.

El proveedor que consiga la mayor puntuación general es el que va a ser seleccionado, bajo la condición de que respete todos los requisitos legales y contractuales mínimo estipulados. Para evaluar a los proveedores, se creará una matriz de calificación por categorías. En cada categoría, se otorgarán puntajes que van desde 1 hasta 5, dependiendo del criterio específico en cuestión. En situaciones donde los proveedores son fundamentales, como aquellos que suministran repuestos o combustible, se debe establecer un plan de emergencia. Este plan consiste en tener al menos un proveedor alternativo que ya haya sido aprobado con anticipación.

Al considerar los diferentes aspectos de un proyecto, es posible garantizar que las decisiones no se basen únicamente en el costo, sino también en la calidad del producto, el cumplimiento de los plazos y la confiabilidad del proveedor. De esta manera, se minimizan los riesgos asociados con la operación y se asegura de que el proyecto se desarrolle de forma óptima. En la vida cotidiana, hay muchas situaciones en las que se tiene una idea de algo útil, pero se necesita de llevarla a la práctica. Una aplicación práctica sería aquella que logra resolver un

problema o facilitar una tarea de manera efectiva. Puede ser algo tan simple como una herramienta para gestionar el tiempo de forma más eficiente o una plataforma que conecta a personas con intereses similares. Lo importante es que sea accesible y asequible, permitiendo a más personas beneficiarse de su función. Al final, lo que hace que una aplicación sea verdaderamente práctica es su capacidad para hacer una diferencia en la vida de sus usuarios, ya sea grande o pequeña.

b. Selección y Tipificación de Contratos Al elegir un tipo de contrato, lo que realmente importa es el tipo de bienes y servicios que se van a comprar. También hay que considerar cuánto riesgo se pasa del comprador al proveedor y qué tan flexible necesita ser el contrato para asegurar que el proyecto siga adelante sin problemas.

Tipificación de contratos aplicables al proyecto

1. Contratos de suministro de bienes (insumos, repuestos, combustibles):
 - Tipo de contrato: Precio fijo con ajustes (Fixed Price with Adjustments).
 - Justificación: permite asegurar un precio estable para repuestos y consumibles, pero con posibilidad de ajuste por variaciones en el mercado de combustibles y aceites.
 - Riesgo asumido: el proveedor asume el riesgo de sobrecostos operativos, mientras que el comprador cubre ajustes autorizados por índices de mercado.
2. Contratos de prestación de servicios especializados (mantenimiento, calibración, capacitación SST):
 - Tipo de contrato: Tiempo y materiales (Time & Materials, T&M).
 - Justificación: adecuado cuando el alcance puede variar y se requiere flexibilidad en horas de servicio o actividades adicionales.

- Riesgo asumido: compartido; el contratista garantiza la calidad técnica y el comprador asume el riesgo de extensión en tiempo si se requieren actividades extra.
3. Contratos de arrendamiento de maquinaria complementaria (si se requieren equipos externos adicionales):
- Tipo de contrato: Pago por uso o alquiler (Lease/Usage-based contract).
 - Justificación: se paga únicamente por horas efectivas de uso de la maquinaria, optimizando costos en caso de baja demanda.
 - Riesgo asumido: el proveedor garantiza disponibilidad y mantenimiento, mientras que el comprador asume el riesgo de una mayor necesidad de horas.
4. Contratos marco con proveedores críticos (abastecimiento de combustible y repuestos de alta rotación):
- Tipo de contrato: Marco de suministro abierto (Framework Agreement).
 - Justificación: asegura abastecimiento continuo durante la ejecución del proyecto, con entregas parciales según la demanda real.
 - Riesgo asumido: el proveedor garantiza disponibilidad mínima, mientras que el comprador asume la responsabilidad de planificar el consumo.

Proceso de selección del tipo de contrato

Para empezar, se analiza lo crítico que es un recurso o servicio, viendo cómo afecta a que las cosas sigan funcionando como siempre. Se busca encontrar el contrato ideal, equilibrando cuidadosamente el costo, la flexibilidad y la forma de reducción los riesgos, para tener un equilibrio bueno en todos los aspectos.

Cuando se trata de decidir qué tipo de contrato es el más adecuado, hay varios factores que deben ser considerados. El proceso de selección es fundamental, ya que cada tipo de contrato tiene sus propias características e implicaciones. Se debe examinar el propósito del contrato, las partes involucradas y las obligaciones que conlleva. Al ponderar estos elementos, se puede determinar el tipo de contrato más idóneo para cada situación específica. De esta manera, se asegura que el contrato cumpla con las necesidades y expectativas de todas las partes que participan en el acuerdo.

c. Criterios de Contratación, Ejecución y Control de Compras y Contratos Para que un proyecto funcione bien, es fundamental tener un buen sistema para gestionar las compras y los contratos. Esto implica definir reglas claras y justas que aseguren la elección de los mejores proveedores, la ejecución efectiva de los contratos y un seguimiento cuidadoso en cada etapa de su desarrollo. Esto garantiza que todo salga según lo planeado.

Criterios de Contratación

1. Técnicos

- Cumplimiento de las especificaciones técnicas del bien o servicio.
- Experiencia comprobada en proyectos similares.
- Certificaciones de calidad, seguridad y cumplimiento normativo.

2. Económicos

- Precios competitivos y transparentes.
- Claridad en las condiciones de pago.
- Posibilidad de descuentos por volumen o acuerdos de largo plazo.

3. Operativos

- Capacidad de respuesta y tiempos de entrega.

- Disponibilidad de repuestos críticos y soporte posventa.
 - Flexibilidad en el suministro o prestación del servicio.
4. De Riesgo y Cumplimiento
- Solidez financiera del proveedor.
 - Cumplimiento legal, tributario y laboral.
 - Garantías ofrecidas (técnicas, de servicio, de cumplimiento).

Criterios de Ejecución

1. Planificación y Cronograma
 - Entregas ajustadas al cronograma del proyecto.
 - Coordinación con el área operativa para evitar retrasos en maquinaria y obras.
2. Comunicación y Seguimiento
 - Reuniones de avance periódicas con proveedores clave.
 - Reportes de cumplimiento de entregas y servicios.
3. Gestión de Cambios
 - Procedimiento formal para ajustes en cantidades, plazos o condiciones.
 - Evaluación de impactos en costo, tiempo y calidad antes de aprobación.
4. Gestión de Riesgos
 - Monitoreo de riesgos asociados a proveedores (falla de suministro, incumplimiento).
 - Plan de contingencia para garantizar continuidad en caso de interrupciones.

Criterios de Control de Compras y Contratos

1. Indicadores de Desempeño del Proveedor (KPI's)
 - Cumplimiento de plazos (% de entregas a tiempo).

- Nivel de calidad (rechazos por incumplimiento técnico).
 - Disponibilidad y confiabilidad de insumos.
 - Índice de incidentes por incumplimiento en SST.
2. Documentación y Trazabilidad
 - Registro de contratos, adiciones y modificaciones en un repositorio central.
 - Actas de entrega-recepción con evidencia de cumplimiento.
 3. Control Financiero
 - Validación de facturas contra entregables reales.
 - Reportes de ejecución presupuestal comparados con la línea base de costos.
 4. Cierre Contractual
 - Evaluación final del desempeño del proveedor.
 - Liquidación formal del contrato con acta de cierre.
 - Retroalimentación para futuras adquisiciones.

Al final del día, lo que garantiza que todo funcione sin contratiempos es tener unos criterios de contratación bien definidos, saber cómo ejecutar los contratos y controlarlos de manera efectiva. De esta manera, se consigue que todo sea transparente, que los trámites operativos sean eficientes y que se reduzcan los riesgos asociados a las compras realizadas para un proyecto. Este enfoque se asegura de que cada compra y contrato contribuya a cumplir con los objetivos principales, ya sean de costo, tiempo, calidad o seguridad, que se hubieran establecido para la gestión del proyecto.

d. Cronograma de Compras con la Asignación de Responsable El cronograma de compras es una herramienta fundamental para planificar y llevar un control sobre la adquisición de todo lo necesario para un proyecto. Con él, es posible asegurarse de que cada paso se dé en el

momento adecuado para alcanzar los objetivos clave. Detrás de cada compra hay alguien que se encarga de que todo se desarrolle según lo planeado, supervisar de cerca el progreso y tomar las medidas necesarias para mantener el rumbo correcto. Esto garantiza que la compra de bienes, servicios y recursos avance de acuerdo con el proyecto y se cumplan las metas importantes.

Tabla 86. Cronograma de Compras y Responsables

Código / Actividad	Bien / Servicio a adquirir	Fecha estimada de inicio	Fecha estimada de entrega	Responsable principal	Responsable de apoyo
C-01	Combustible Diésel (abastecimiento inicial)	Semana 1	Semana 2	Coordinador Operativo	Asistente Administrativo
C-02	Aceite y lubricantes	Semana 1	Semana 3	Mecánico Jefe	Proveedor de Repuestos
C-03	Kit de mantenimiento preventivo (2 unidades)	Semana 2	Semana 4	Mecánico Jefe	Coordinador Operativo
C-04	Repuestos menores (filtros, correas, bujías)	Semana 3	Semana 5	Proveedor de Repuestos	Asistente Administrativo
C-05	Excavadora Orugas 1 (uso arrendado / asignado al proyecto)	Semana 1	Semana 1	Director de Proyecto	Coordinador Operativo
C-06	Excavadora Orugas 2 (uso arrendado / asignado al proyecto)	Semana 1	Semana 1	Director de Proyecto	Coordinador Operativo
C-07	Vibro compactador (uso arrendado / asignado al proyecto)	Semana 1	Semana 1	Director de Proyecto	Coordinador Operativo
C-08	Contratación de seguros para maquinaria	Semana 2	Semana 3	Director de Proyecto	Asistente Administrativo
C-09	Adquisición de EPP (cascos, guantes, botas, chalecos)	Semana 2	Semana 4	Coordinador Operativo	Asistente Administrativo
C-10	Servicios externos de calibración de sensores/software	Semana 5	Semana 6	Mecánico Jefe	Proveedor de Repuestos

Código / Actividad	Bien / Servicio a adquirir	Fecha estimada de inicio	Fecha estimada de entrega	Responsable principal	Responsable de apoyo
C-11	Servicios de capacitación operativa	Semana 4	Semana 7	Director de Proyecto	Coordinador Operativo
C-12	Contratación de transporte logístico (si aplica)	Semana 3	Semana 4	Coordinador Operativo	Asistente Administrativo

Fuente: Construcción del autor.

Análisis

- **Planificación anticipada:** Los elementos clave como combustible, lubricantes y kits de mantenimiento son programados desde la primera semana. Esto se hace para evitar que el suministro de estos insumos críticos provoque retrasos en el arranque del proyecto, lo que ayudará a asegurar que todo comience sin contratiempos.
- **Responsabilidad clara:** En cuanto a las compras, hay alguien que responde por la operación en general, normalmente del área que resulta afectada de manera más directa. Además, cuenta con algún tipo de figura colegas que se encarga básicamente de hacerse cargo de la gestión administrativa.
- **Bienes tangibles y servicios:** Esto incluye suministros físicos, pero también servicios como la calibración, la capacitación y los seguros. Así se obtiene una visión completa de todo lo que se adquiere.
- **Control y seguimiento:** El cronograma ayuda a tener todo bajo control y a supervisar el progreso. La buena noticia es que, al ajustarlo al plan general del proyecto, es posible asegurarse de que todos los recursos estén listos y disponibles

justo cuando se necesitan. Esto permite avanzar de manera fluida y sin contratiempos.

e. Sostenibilidad en el Proceso de Adquisiciones Al llevar a cabo las adquisiciones del proyecto, se han implementado varios criterios que consideran la sostenibilidad en sus tres dimensiones: económica, social y ambiental. Esto garantiza que el proceso no solo genere ganancias financieras, sino que también promueva la responsabilidad social y minimice el daño al entorno. El objetivo es lograr un equilibrio entre el uso eficiente de los recursos y la reducción de impactos negativos, siguiendo así los principios básicos de una gestión empresarial responsable.

Estrategias de sostenibilidad aplicadas

1. Selección de proveedores locales

Una forma eficaz de impulsar el crecimiento económico de Granada y su entorno es favorecer a los proveedores locales. Al hacerlo, no solo se fortalecen las empresas de la zona, sino que también se logra reducir considerablemente los gastos en transporte. Además, esta estrategia tiene otro beneficio importante: disminuir la cantidad de carbono emitido durante el proceso de distribución de mercancías.

2. Criterios ambientales en suministros

En lo que respecta a los suministros, es importante considerar ciertos criterios ambientales. Por ejemplo, cuando se trata de adquirir lubricantes y aceites, se deben buscar productos que sean biodegradables o tengan un bajo nivel de toxicidad, ya que estos cumplen con las normativas ambientales. Además, es necesario dar prioridad a los combustibles proporcionados por distribuidores que hayan demostrado poseer buenas prácticas en cuanto a su

entrega y manejo, ya que esta es una forma de fomentar un enfoque más responsable en la industria.

3. Gestión responsable de residuos

Para gestionar de manera efectiva los envases de aceites y lubricantes usados, es fundamental negociar acuerdos con los proveedores. Estos acuerdos consisten en la recogida de estos envases y garantizan su disposición final de acuerdo con lo establecido en la normativa ambiental colombiana. La Resolución 372 del 2009, expedida por el Ministerio de Ambiente, proporciona los lineamientos para este proceso, asegurando que se realice de forma responsable y respetuosa con el medio ambiente.

4. Eficiencia en el uso de maquinaria

Los contratos deben incluir cláusulas que exija un mantenimiento regular para asegurarse de que los equipos trabajen perfectamente, reduciendo así las emisiones y haciéndolos durar más. Esto ayudaría a mantener los equipos en buenas condiciones todo el tiempo.

5. Cumplimiento de normativas laborales y sociales

En cuanto a las normas laborales y sociales, es fundamental que los proveedores demuestren que cumplen con las normas básicas de seguridad y salud en el trabajo para todos sus empleados. También se espera que incluyan cláusulas importantes que promuevan la igualdad de oportunidades y la no discriminación en todos los procesos de contratación.

6. Digitalización y reducción de papel

Con el fin de minimizar el uso del papel y fomentar la organización, se han puesto en marcha plataformas digitales que permiten gestionar contratos, órdenes de compra y toda clase de informes de manera eficiente, lo que a su vez facilita una mejor trazabilidad de la documentación.

7. Alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

- ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico → promoción de proveedores formales locales.
- ODS 12: Producción y consumo responsables → optimización del uso de insumos y gestión de residuos.
- ODS 13: Acción por el clima → reducción de emisiones en logística y uso eficiente de recursos energéticos.

Análisis

La sostenibilidad se está convirtiendo cada vez más en un factor clave a la hora de tomar decisiones, al igual que lo son el costo, la calidad y el plazo de entrega. Ahora, más que nunca, se busca que los proveedores se conviertan en socios estratégicos que compartan los objetivos ambientales y sociales del proyecto. Al adoptar prácticas más sostenibles en los procesos de adquisición, se logra reducir significativamente los riesgos relacionados con la reputación de la empresa y los posibles problemas legales. Esto no solo beneficia a la empresa en cuanto a cumplimiento normativo, sino que también le otorga una ventaja competitiva significativa frente a clientes que valoran y priorizan la responsabilidad medioambiental y social en los proyectos de construcción. Es importante destacar que estos clientes cada vez más informados y concienciados prefieren trabajar con empresas que compartan sus valores y compromiso con el medio ambiente y la sociedad.

4. Lecciones Aprendidas

Con corte al 1 de octubre de 2025, se llevó a cabo un documento sobre la gestión del conocimiento del proyecto. Esto se logró mediante una herramienta sencilla: una Matriz de Lecciones Aprendidas, que se incluyó en los anexos. La matriz registra, para cada hallazgo, la fase, el código WBS/cuenta de control, la fecha, el tipo (amenaza u oportunidad), el título, la situación y causa raíz, el impacto cuantificado (plazo/costo/calidad), los KPI afectados, las acciones correctivas o preventivas, el responsable, la fecha de implementación, el resultado verificado, la recomendación a estandarizar y el estado (abierta/por validar/cerrada).

A la fecha, la lectura EVM muestra desviaciones marginales: $PV = \$440.315.800$, $EV = \$440.315.800$, $AC = \$440.425.400 \Rightarrow SV = 0$ ($SPI = 1$) y $CV = -\$109.600$ ($CPI = 0,9998$).

Ver anexo: Anexo I. MATRIZ LECCIONES APRENDIDAS

Síntesis de hallazgos relevantes (ver matriz en anexos)

- Instalación de sistemas de monitoreo (WBS 3.1.2.2): al cierre consolidado del proyecto la desviación de plazo se neutralizó: $SV = \$0$; $SPI = 1$, lo que señala alineamiento con la línea base de tiempo. Sin embargo, persiste un sobre costo marginal reflejado en $CV = -\$109.600$ ($CPI = 0,9998$), atribuible a costos operativos y logísticos vinculados a la instalación. Las medidas implementadas - agenda quincenal de ventanas, cuadrilla espejo y checklist de prerrequisitos- abordaron el riesgo de retraso y se aplicaron controles adicionales de facturación para limitar el impacto en costo. Estado: cerrada (seguimiento en control de costos).
- Calidad del dato en campo (WBS 3.1.2.3): inconsistencias por registros en papel y duplicidad de capturas. Se unificaron formatos digitales y listas de chequeo; mini

inducción a operadores. El costo real se mantuvo alineado ($CPI = 0,9998$).

Estado: cerrada (flujo estable hacia el tablero).

- Ciclos de aprobación con patrocinador (WBS 2.1.1.4): esperas entre entregables. Se estableció calendario quincenal y canal único de radicación. Estado: cerrada.
- Cumplimiento de ventanas de mantenimiento (WBS 4.1.1.5): conflicto con prioridades de producción. Se pactaron bloqueos de equipo y alertas 48 h antes. Estado: por validar.
- Simplificación de reportes (WBS 4.1.2): consolidación a un tablero y un informe mensual, reduciendo tiempo administrativo. Estado: cerrada.
- Criterios de aceptación (WBS 2.1.1.2): ambigüedad inicial. Se elaboró rúbrica y se socializó en taller de alineación. Estado: cerrada.
- Uso temprano de EV/PV/AC (WBS 3.1.2.4): el cruce EVM permitió priorizar paquetes críticos y orientar decisiones de recuperación. Estado: cerrada.

Acciones de estandarización

A partir de las lecciones, se institucionalizan las siguientes prácticas:

1. POE “Ventanas de mantenimiento” con agenda quincenal, bloqueos acordados con obra y checklist de prerequisites.
2. POE “Toma y validación de datos KPI (POE-KPI-01)”: formato único digital, roles y verificación en sitio.
3. Rúbricas de aceptación anexas al alcance para cada entregable; uso obligatorio en revisiones.
4. Cadencia de control: comité semanal con lectura de PV–EV–AC, cálculo de SPI/CPI y reestimación de EAC.

5. Reporte único: tablero y plantilla mensual estandarizada al patrocinador.

Estas medidas buscan cerrar la brecha marginal observada en la curva S ($EV = PV$; $AC > EV$ con $SPI = 1$ y $CPI = 0,9998$), sin modificar la línea base aprobada, fortaleciendo la disponibilidad de maquinaria, la reducción de tiempos muertos y la toma de decisiones basada en datos.

Cierre y transferencia

Cada lección termina cuando hay pruebas claras de que surtió efecto, es decir, cuando las mediciones antes y después muestran un cambio notable. Esto queda plasmado en los manuales, procedimientos y programas de capacitación. Por su parte, la oficina de proyectos y el equipo que trabajó en el proyecto conservarán todas estas experiencias como una especie de archivo vivo, de manera que podrán usarlas en otros proyectos que vayan a realizar en el futuro.

5. Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

1. **Pertinencia de la alternativa seleccionada.** La selección de **mantenimiento preventivo (con evolución a predictivo)**, fundamentada en la matriz multicriterio (puntaje 4,25 frente a 3,80 y 3,40), resultó adecuada para la realidad operativa y financiera de Maquinobras SAS, pues maximiza valor con bajo CAPEX y alto control interno.
2. **Instalación progresiva de capacidades.** A la fecha de corte **01/10/2025** se cuenta con: acta aprobada, alcance definido y trazable, **POE** y manuales en despliegue, **tablero de KPI** operativo, programa de **capacitación** en marcha y **plan piloto** ejecutándose. La EDP/EDT asegura trazabilidad entre requisitos, producto y trabajo, lo que facilita control y aceptación.
3. **Lectura de desempeño (EVM).** La curva S evidencia **desviaciones marginales** al corte **01/10/2025**: **PV = \$440.315.800**, **EV = \$440.315.800** y **AC = \$440.425.400**, con **SV = 0 (SPI = 1)** y **CV = -\$109.600 (CPI = 0,9998)**. Bajo este desempeño, el proyecto proyecta **EAC = \$440.750.400** y **VAC = \$352.000** respecto al **BAC = \$440.750.400**, consistentes con un cierre alineado a la línea base si se mantiene la disciplina de control.
4. **Causas raíz del desvío.** La coordinación de **ventanas de mantenimiento**, la **disponibilidad del proveedor de monitoreo** y la **calidad del dato en campo** explican la ligera presión sobre **AC**. Las acciones implementadas (agenda quincenal, cuadrilla espejo, formatos digitales y rúbricas de aceptación) muestran efecto estabilizador.

5. **Lecciones consolidadas que aportan valor.** La formalización de **rúbricas de aceptación**, la **unificación de formatos digitales** para KPI y la **agenda quincenal de aprobaciones** redujeron ambigüedad, retrabajos y esperas. La **cadencia semanal de control** con PV-EV-AC fortaleció la toma de decisiones.
6. **Alineación con objetivos estratégicos.** Aunque los beneficios finales se materializarán al cierre del primer año de operación, la arquitectura implementada (plan P&P, estandarización, medición y formación) es coherente con los objetivos SMART: **reducir tiempos muertos en 30%, alcanzar disponibilidad $\geq 85\%$, elevar la rentabilidad en 15% y satisfacción $\geq 4,5/5$** . El reto inmediato es asegurar la sostenibilidad de las medidas correctivas y mantener bajo control la variación de costos para capturar los beneficios previstos.

Recomendaciones

Control fino de cronograma y control de costo

- Establecer un **control fino** sobre **la ruta crítica** (instalación/operación de monitoreo, recolección y análisis de datos, ajustes operativos), con ventanas de intervención **bloqueadas** y confirmación 48 h antes; incorporar **cuadrilla espejo** cuando corresponda.
- **Congelar cambios** no esenciales hasta recuperar **$CPI \geq 1,00$** , priorizando terminación de paquetes críticos antes de abrir nuevos frentes.
- Adoptar **reestimación mensual de EAC** (escenario conservador **BAC/CPI** mientras no se evidencien mejoras sostenidas); activar umbrales de alerta cuando **VAC** se torne negativo.

- Atacar **drivers de sobre costo**: reprocesos por datos incompletos, tiempos muertos por logística y consumos no planificados; negociar **SLA** con proveedor de monitoreo.

Calidad del dato y gobernanza

- Consolidar el **POE-KPI-01 (toma y validación de datos)** con formato digital único, verificación en sitio y retroalimentación inmediata en el tablero.
- Mantener **comité semanal** de desempeño con lectura de **PV–EV–AC**, análisis causal y decisiones de corrección; registrar acuerdos y responsables.

Estandarización y transferencia

- Institucionalizar las **rúbricas de aceptación** por entregable y los **checklists** de prerequisites para cada ventana de mantenimiento.
- Integrar las lecciones aprendidas cerradas a los **manuales/POE** y al plan de capacitación continua, asegurando su réplica en futuros proyectos.

Relación con cliente y sostenibilidad de beneficios

- Sustener la **agenda quincenal de aprobaciones** y el **reporte único mensual** al patrocinador, reforzando transparencia y toma de decisiones oportuna.
- Usar el tablero de KPI para mostrar tendencia hacia **disponibilidad $\geq 85\%$** y **reducción de tiempos muertos**, vinculando explícitamente estos logros con la meta de **rentabilidad +15%**.

La ejecución ha **validado la viabilidad técnica y organizacional** del sistema de mantenimiento P&P. La prioridad de corto plazo es **sostener SPI=1 y elevar CPI $\geq$ 1** para asegurar la entrega de beneficios comprometidos, sin modificar la línea base aprobada y bajo un esquema de gobernanza y aprendizaje continuo.

6. Referencias

- Allied Market Research. (2022). *Construction Equipment Rental Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product, By Application, By Region, And Segment Forecasts, 2022 - 2031*. Retrieved from <https://www.alliedmarketresearch.com/construction-equipment-rental-market>
- Ascón Rojas, M. H., & Rossell Rodríguez, A. T. (2022). Plan de mantenimiento preventivo para incrementar el rendimiento total de la maquinaria pesada en la empresa JAR agregados y servicios EIRL, Cajamarca 2021.
- Association of Equipment Management Professionals (AEMP). (2021). *Equipment Management 101: Lifecycle management of heavy equipment*. <https://www.aemp.org/>
- AXELOS. (2017). *Managing Successful Projects with PRINCE2®* (6th ed.). TSO.
- Banco de la República. (2025). *Informe de política monetaria – Primer trimestre 2025*.
- Bancolombia. (2022, octubre 28). *Avances tecnológicos en maquinaria de construcción: tendencias del mercado*. <https://www.bancolombia.com/empresas/capital-inteligente/especiales/infraestructura-2022/innovaciones-en-maquinaria-pesada>
- Belton, V., & Stewart, T. J. (2002). *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*. Springer.
- Berk, J., & DeMarzo, P. (2020). *Corporate Finance* (5th ed.). Pearson.
- Bloomberg Línea. (2021, septiembre 8). *Minería y construcción impulsarán el mercado de excavadoras en Colombia al 2027*.

- <https://www.bloomberglinea.com/2021/09/08/mineria-y-construccion-impulsaran-el-mercado-de-excavadoras-en-colombia-al-2027/>
- Brealey, R. A., Myers, S. C., & Allen, F. (2020). *Principles of Corporate Finance* (13th ed.). McGraw-Hill Education.
- British Standards Institution. (2011). *PAS 2050:2011 Specification for the assessment of life cycle greenhouse gas emissions of goods and services*. BSI.
- Casa de Bolsa. (2025, julio). *Estrategia TES: valor en el tramo medio*.
- Cobo Vilaña, K. S., & Paucar Jiménez, H. R. (2023). Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo de los sistemas hidráulicos para maquinaria pesada de la empresa Fernández & Fernández Construc del Distrito Metropolitano de Quito (Bachelor's thesis).
- Congreso de la República de Colombia. (1993). Ley 99 de 1993, por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente y se organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA). Diario Oficial 41 146.
- Construction Industry Institute. (2019). *Construction Equipment Management Best Practices*. University of Texas at Austin. <https://www.construction-institute.org/>
- Corficolombiana. (2025, enero). *Expected Cost of Equity Report*.
- CountryEconomy. (2025, 5 agosto). *Colombia – Risk premium*.
- Damodaran, A. (2020). *Corporate Finance* (4^a ed.). Wiley.
- DANE. (2024). *Producto Interno Bruto – IV trimestre de 2023*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/pib/pib-trimestral>

Departamento Nacional de Planeación. (2020). Manual de evaluación ex-ante de proyectos de inversión pública. DNP.

Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales. (2025). *Estatuto tributario actualizado*.

EquipmentWatch. (2021). *Highest Retained Value Awards – Construction category*.

<https://equipmentwatch.com/awards/highest-retained-value-awards/>

Escudero Chávez, A. A. A. (2016). Propuesta de un programa maestro de mantenimiento preventivo para reducir los costos operativos en la empresa Productos Industriales del Cuero SAC-Trujillo.

Fenalco – Universidad Nacional de Colombia. (2021). *Estudio de costos operativos y estructura financiera para microempresas logísticas*. Bogotá, D.C.

Gallardo Piedra, D. A. (2017). Plan de mantenimiento preventivo para aumentar los indicadores operacionales y reducción de costos de mantenimiento de las máquinas de la Municipalidad del Distrito de Tambogrande-Piura.

Global Market Insights. (2024). *Construction equipment rental market: Size, share, and forecast 2025–2034*. Global Market Insights.

Goedkoop, M., & Spriensma, R. (2001). *The Eco-Indicator 99: A damage oriented method for life cycle impact assessment* (Manual for Designers, 2^a ed.). PRé Consultants.

GPM Global. (2021). *P5™ Standard for Sustainability in Project Management* (4th ed.). GPM Global.

Grupo Aval. (2025, 5 agosto). *TES – Datos históricos*.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2024). *Inventario nacional de gases de efecto invernadero 1990-2022*. IDEAM.

International Accounting Standards Board. (2015). *IFRS for SMEs Standard* (edición consolidada).

International Finance Corporation. (2007). *Environmental, Health, and Safety Guidelines for Construction and Decommissioning*. IFC.

International Finance Corporation. (2012). IFC Performance Standards on Environmental and Social Sustainability (PS 1–8). IFC. <https://www.ifc.org>

International Organization for Standardization. (2006a). *ISO 14040:2006 Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework*. ISO.

International Organization for Standardization. (2006b). *ISO 14044:2006 Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines*. ISO.

International Organization for Standardization. (2010). *ISO 26000:2010 Guidance on social responsibility*. ISO.

International Organization for Standardization. (2011). *ISO 14051:2011 Environmental management — Material flow cost accounting — General framework*. ISO.

International Organization for Standardization. (2012). *ISO/TR 14047:2012 Environmental management — Life cycle assessment — Illustrative examples on how to apply ISO 14044 to impact assessment situations*. ISO.

International Organization for Standardization. (2014). *ISO 55000: Asset management — Overview, principles and terminology*. ISO.

International Organization for Standardization. (2015). *ISO 14001:2015 Environmental management systems – Requirements with guidance for use*. ISO.

International Organization for Standardization. (2018). *ISO 14064-1:2018 Greenhouse gases — Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals*. ISO.

International Organization for Standardization. (2018). *ISO 31000:2018 Risk management – Guidelines*.

Jiménez Jaramillo, W. J. (2023). Optimización del proceso constructivo de una presa de relaves de un proyecto minero del Oriente Ecuatoriano.

Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (1996). *The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action*. Harvard Business School Press.

Keeney, R. L., & Raiffa, H. (1993). *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs*. Cambridge University Press.

Koller, T., Goedhart, M., & Wessels, D. (2020). *Valuation: Measuring and Managing the Value of Companies* (7th ed.). John Wiley & Sons.

Kuno. (2024, enero 17). *Las ventas de maquinaria amarilla en Colombia crecieron un 30% en 2023*. Kuno Noticias. <https://kuno.co/blogs/las-ventas-de-maquinaria-amarilla-en-colombia-crecieron-un-30-en-2023>

Kuno. (2025, enero 29). *Ventas de maquinaria amarilla en Colombia en 2024: Un panorama comparativo*. <https://kuno.com.co/2025/01/29/ventas-de-maquinaria-amarilla-en-colombia-en-2024-un-panorama-comparativo/>

- Minart. (2025, enero 21). *Conoce las tendencias claves que configuran el futuro de la maquinaria pesada*. <https://minart.pe/2025/01/21/conoce-las-tendencias-claves-que-configuran-el-futuro-de-la-maquinaria-pesada/>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). *Resolución 627 de 2018, por la cual se establecen las normas de emisión de ruido y ruido ambiental*. MADR.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales (MGEPEA). <https://www.minambiente.gov.co>
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia. (2023). *Guía de formulación de planes de negocio para mipymes del sector productivo*. <https://www.mincit.gov.co>
- Organización Internacional del Trabajo. (2022). Código de prácticas de seguridad y salud en el trabajo en la construcción. OIT.
- PMI Galicia Chapter. (2024, 3 de julio). *Gestión de las Adquisiciones en proyectos – Parte 1 (Fundamentos)*. Recuperado de [sitio web] — Explica el análisis “hacer o comprar”, selección de proveedores y gestión de los riesgos en adquisiciones.
- Presidencia de la República de Colombia. (2015). Decreto 1072 de 2015, por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo. Diario Oficial 49 592.
- Presidencia de la República de Colombia. (2015). Decreto 1076 de 2015, por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Diario Oficial 49 523.
- Project Management Institute (PMI). (2017). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)® – Sixth Edition*. Project Management Institute.

- Project Management Institute. (2017). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®)* (6.^a ed.). PMI. Incluye procesos de planificación, identificación, análisis cualitativo y cuantitativo de riesgos, respuesta y monitoreo.
- Project Management Institute. (2019). *Practice Standard for Project Risk Management* (2nd ed.).
- Project Management Institute. (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) – Seventh Edition and The Standard for Project Management*. PMI.
- Project Management Institute. (2021). *Standard for Project Management* (Guía PMBOK® 7.^a ed.).
- Puican Arbulu, I. A. (2021). Reducción de tiempos muertos en jornada de trabajo del personal de mantenimiento mecánico de palas y perforadoras de Compañía Minera Antamina SA.
- Ramirez, D., & Torres, L. (2020). *Gestión de mantenimiento y productividad en maquinaria pesada en proyectos de infraestructura*. Revista Ingeniería Civil y Desarrollo, 12(1), 55–67. <https://doi.org/10.1016/j.ricd.2020.01.003>
- República de Colombia. (2015). Decreto 2420 de 2015, “Por el cual se compilan y actualizan las normas de contabilidad e información financiera”.
- Ríos, M. G., & Beltrán, D. (2002). Seguridad laboral. Recuperado el, 15.
- SENA. (2022). *Costos operativos de maquinaria pesada en Colombia*. Documento técnico interno de formación. <https://www.sena.edu.co>
- SlideShare. (s. f.). *Gestión de las Adquisiciones Cap. 12* (pp. 399–430). Recuperado de [sitio web] — Detalla conceptos y herramientas de gestión de adquisiciones, incluidos tipos de contrato y procesos de planificación.

Superintendencia de Sociedades. (2024). *Guía de aplicación de las NIIF para Pymes*.

UACM (Universidad Autónoma de la Ciudad de México). (s. f.). *Gestión de los riesgos del proyecto*. Recuperado de [sitio web] — Describe los procesos de gestión de riesgos: planificación, identificación, análisis y seguimiento.

Wikipedia. (2025). *ISO 31000: Gestión de riesgos*. Recuperado de [sitio web] — Proporciona principios y directrices sobre gestión de riesgos a nivel estratégico y operativo.

Wikipedia. (2025, 21 de mayo). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*. Recuperado de [sitio web] — Describe las áreas de conocimiento del PMBOK, entre ellas Gestión de Riesgos y Gestión de Adquisiciones.

World Bank. (2017). Environmental and Social Framework (ESS 1–10). World Bank Group.
<https://documents.worldbank.org>

World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development. (2015). *GHG Protocol Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard* (2nd ed.). WRI/WBCSD.

7. Anexos

Anexo A. DICCIONARIO WBS

Anexo B. PERT ACTIVIDADES

Anexo C. DIAGRAMA RED

Anexo D. CRONOGRAMA

Anexo E. VISIÓN GENERAL DE LOS RECURSOS

Anexo F. PRESUPUESTO ACTIVIDADES

Anexo G. MATRIZ RACI

Anexo H. EDP

Anexo I. MATRIZ LECCIONES APRENDIDAS