



**Propuesta para la Gestión Operativa y
Logística del Mantenimiento
Preventivo de las Máquinas
Recicladoras de Residuos Sólidos en
la Empresa Avanti Clair**

Rovinson Arboleda Gómez

Universidad EAN
Facultad Ingenierías
Maestría en Gerencia de la Cadena de Abastecimiento
Bogotá, Colombia
2020

**Propuesta para la Gestión Operativa y
Logística del Mantenimiento
Preventivo de las Máquinas
Recicladoras de Residuos Sólidos en
la Empresa Avanti Clair**

Rovinson Arboleda Gómez

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:
Magister en Gerencia de la Cadena de Abastecimiento

Director (a):

Mario Andrés Hernández Pardo

Modalidad:

Trabajo Dirigido

Universidad EAN

Facultad Ingenierías

Maestría en Gerencia de la Cadena de Abastecimiento

Bogotá, Colombia

2020

Nota de aceptación

Firma del jurado

Firma del jurado

Firma del director del trabajo de grado

Bogotá D.C. Día - mes – año

Dedicatoria

A Dios, por estar presente en todo momento, por darme la fortaleza de seguir luchando por mis sueños.

Para el orgullo de mi familia, con especial agrado les dedico el fruto de mi trabajo, GRACIAS a todos por sus demostraciones de cariño y comprensión.

Especialmente a mi esposa Isabel Borrero, por todo su amor, cariño y Comprensión en los momentos más difíciles y por ser un tesoro invaluable en mi vida

A mis padres por enseñarme que la exigencia personal tiene sus frutos.

~ V ~

Propuesta para la gestión operativa y logística del
mantenimiento preventivo de la Empresa Avanti Clar, en el
procesamiento de residuos sólidos reciclables.



Agradecimientos

A Dios, por estar presente en todos y cada uno de mis momentos, por darme la fortaleza de seguir luchando por mis ideales.

Para el orgullo de mi familia, con especial agrado les dedico el fruto de mi trabajo, GRACIAS a todos por sus demostraciones de cariño y comprensión.

Especialmente a mi esposa Isabel Borrero, por todo su amor, cariño y comprensión en los momentos más difíciles y por ser un tesoro invaluable en mi vida.

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo plantear una propuesta de mantenimiento preventivo como una opción viable para emprender nuevas formas de establecer acciones de prevención y corrección de las fallas de las máquinas recicladoras. La propuesta se aplicó a la empresa Avanti Clar del Distrito Turístico y Cultural de Cartagena, una de las ciudades portuarias más importantes del país. A partir de un proceso de entrevista a los operarios y mecánicos, se investigó sobre el funcionamiento de las máquinas, creando una reflexión y sensibilización de la acción de mejora a realizar, con el propósito de reducir las fallas en las maquinas recicladoras. Para determinar el problema general se utilizó la inspección de seguridad, la cual permite estudiar las condiciones físicas de los equipos, así mismo se utilizaron los inventarios de las maquinas. Para el desarrollo del nuevo plan de mantenimiento preventivo se recolectó información sobre la operatividad de las máquinas de las áreas de operaciones y mantenimiento, lo que permitió una mayor claridad en la recopilación de la información. El planteamiento del plan de mantenimiento preventivo se basó en el método de Alfa Cronbach, que tiene como uno de sus principios hallar el Índice de Criticidad con base en los inventarios y la jerarquización mediante la frecuencia vs consecuencia. El nuevo plan de mantenimiento preventivo pretende optimizar los eventos utilizando la planificación y programación del mismo, como también identificar los tiempos perdidos por fallas operacionales en las máquinas. En este orden de ideas, a través de los procesos y procedimientos realizados en Avanti Clar, se debe cumplir con estándares de calidad en la prestación del servicio de mantenimiento preventivo, ayudando a mantener la disponibilidad operativa de las maquinas recicladoras, incrementando la operación del reciclaje, reduciendo los tiempos perdidos y fortaleciendo el área técnica al crear una mejor conciencia en el manejo adecuado del plan de mantenimiento preventivo.

Palabras clave: Gestión Mantenimiento, Mantenimiento Preventivo, Indicadores Mantenimiento, Fallas, Confiabilidad Operaciones.

Abstract

The present work aims to propose a preventive maintenance proposal, as a viable option to undertake new ways of establishing prevention and correction actions for the failures of recycling machines. The proposal was applied to the Avanti Clar company in the city of Cartagena, a tourist, cultural and port district of the Colombian Caribbean coast, based on an interview process with operators and mechanics, it was investigated on the operation of the machines, creating reflection and awareness of the improvement action to be carried out, with the purpose of reducing failures in recycling machines. To determine the general problem, the safety inspection was used, which allows studying the physical conditions of the machine, likewise with the inventories of the machines, the proposal was determined. For the development of the new preventive maintenance plan, information was collected on the operation of the machines, from the operations and maintenance areas, which facilitated their observations and improvements to the maintenance activities in the recycling machines, in this way it will be possible to have greater clarity in the collection of information. The approach to the preventive maintenance plan is based on the Alpha Cronbach method, which one of its principles is to find the Criticality Index based on inventories and ranking through frequency vs. consequence. The new preventive maintenance plan aims to optimize events using preventive maintenance planning and scheduling, as well as identifying lost times due to operational failures in machines. In this order of ideas, through the processes and procedures carried out in Avanti Clar, quality standards must be met in the provision of preventive maintenance service, helping to maintain the operational availability of recycling machines, increasing the recycling operation, reducing wasted time and strengthening the technical area creating a better awareness in the proper management of the preventive maintenance plan.

Keywords: Maintenance Management, Preventive Maintenance, Maintenance Indicators, Failures, Operations Reliability

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE TABLAS	6
1. INTRODUCCIÓN	7
1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA U OPORTUNIDAD	7
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
2. OBJETIVOS.....	13
2.1. OBJETIVO GENERAL	13
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3. JUSTIFICACIÓN.....	14
4. MARCO DE REFERENCIA.....	16
4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
4.2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS	18
4.3. BASES TEÓRICAS Y CONCEPTOS	20
4.3.1 Tipos de Máquinas de Reciclaje de Sólidos.....	20
4.3.2 Definición de Mantenimiento.....	21
4.3.3 Aspectos Generales sobre Mantenimiento.....	22
4.3.4 Características de los Mantenimientos.	27
4.3.5 Rutinas de Mantenimiento e Inspecciones.....	29
4.3.6 Fallas.....	30
4.3.7 Parámetros del Mantenimiento.	31
4.3.8 Niveles de Mantenimiento.....	33
4.3.9 Análisis de confiabilidad y sostenibilidad de los equipos y partes con alta críticidad.....	34
5 MARCO INSTITUCIONAL.....	35
5.1 MISIÓN	35
5.2 VISIÓN.....	35
5.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.....	36
5.4 RESEÑA HISTÓRICA (LÍNEA DE TIEMPO)	37
5.5 POSICIÓN EN EL MERCADO	37
5.6 IDENTIFICACIÓN DEL SECTOR.....	39
5.6.1 Análisis del Sector Reciclaje (Residuos Sólidos).	39
6 DISEÑO METODOLÓGICO.....	41
6.1 CARACTERÍSTICAS DE LA INVESTIGACIÓN.....	41
6.1.1 Modalidad de la investigación.....	41
6.1.2 Tipo de Investigación.....	42

6.1.3	Población y Muestra.	42
6.2	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	44
6.2.1	Procedimientos y Técnicas para la Recolección de Datos.	44
6.2.2	Procedimientos para el Análisis de Datos.	44
6.2.3	Levantamiento de la Información.	45
6.2.4	Descripción de Variables del Método Alfa Cronbach.	47
6.2.5	Método de Alfa Cronbach para Identificar los Equipos Críticos.....	48
6.2.6	Establecimiento de Indicadores.	52
6.2.7	Desarrollo del Plan de Gestión de Proyectos Orientado al Mantenimiento Preventivo.	53
6.2.8	Mejora de los Procesos y Procedimientos del Plan de Mantenimiento Preventivo.	54
7	DESARROLLO DEL TRABAJO	56
7.1	DIAGNÓSTICO.....	56
7.1.1	Trabajo de Campo.	56
7.1.2	Datos Recolectados.....	57
7.1.3	Presentación e Interpretación de Gráficos y Resultados.....	64
7.2	ANÁLISIS DE RESULTADOS	76
7.2.1	Identificación de la Criticidad de la Maquina Compactadora.	76
7.2.2	Procesos y Procedimiento para el Mantenimiento Preventivo de la Maquina Compactadora.....	81
8	PLAN DE INTERVENCIÓN.....	87
8.1	GESTIÓN DE LA INTEGRACIÓN.....	90
8.1.1	Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto.....	90
8.1.2	Dirección y Gestión del Proyecto.	90
8.1.3	Cierre del Proyecto.	91
8.2	GESTIÓN DEL ALCANCE	92
8.2.1	Plan de Gestión del Alcance.....	92
8.2.2	Plan de Gestión de Requisitos.....	93
8.2.3	Definición del Alcance.	94
8.2.4	Creación de la Estructura Desglosada del Trabajo.	94
8.2.5	Validación del Alcance.....	95
8.2.6	Control del Alcance.....	95
8.3	GESTIÓN DEL TIEMPO	95
8.3.1	Definición de Actividades.....	95
8.3.2	Desarrollo del Cronograma.....	96
8.3.3	Control del Cronograma.....	97

8.3.4	Pronóstico del Cronograma.....	97
8.3.5	Solicitudes de Cambio.....	98
8.4	GESTIÓN DE LOS COSTOS.....	98
8.4.1	Estimación de los Costos.....	98
8.4.2	Determinar el Presupuesto.....	99
8.4.3	Control del Costo.....	99
8.5	GESTIÓN DE LA CALIDAD.....	99
8.5.1	Plan de Gestión de la Calidad.....	99
8.5.2	Métricas de Calidad.....	100
8.5.3	Control de Calidad.....	101
8.6	GESTIÓN DE LOS RECURSOS HUMANOS.....	102
8.6.1	Plan de Gestión de Recursos Humanos.....	102
8.6.2	Adquisición del Grupo del Proyecto.....	103
8.6.3	Desarrollo del Grupo del Proyecto.....	104
8.6.4	Dirigir el Equipo del Proyecto.....	104
8.7	GESTIÓN DE LAS COMUNICACIONES.....	105
8.7.1	Plan de Gestión de las Comunicaciones.....	105
8.7.2	Gestión de las Comunicaciones.....	107
8.7.3	Control de las Comunicaciones.....	108
8.8	GESTIÓN DE LOS RIESGOS.....	109
8.8.1	Plan de Gestión del Riesgo.....	109
8.8.2	Identificación del Riesgo.....	110
8.8.3	Planificar la Respuesta a los Riesgos.....	111
8.8.4	Análisis Cualitativo y Cuantitativo del Riesgo.....	113
8.8.5	Actualizaciones a los Documentos del Proyecto.....	113
8.8.6	Información de Desempeño del Trabajo.....	114
8.9	GESTIÓN DE LAS ADQUISICIONES.....	114
8.9.1	Plan de Gestión de Adquisiciones.....	114
8.9.2	Efectuar las Adquisiciones.....	115
8.9.3	Control de Adquisiciones.....	116
8.9.4	Cierre de las Adquisiciones.....	117
8.10	GESTIÓN DE LOS INTERESADOS.....	117
8.10.1	Plan de Gestión de los Grupos de Interés.....	117
8.10.2	Gestión del Compromiso con los Grupos de Interés.....	118
8.10.3	Control del Manejo de los Grupos de Interés.....	119
9	CONCLUSIONES.....	121
10	RECOMENDACIONES.....	123

11	REFERENCIAS.....	125
12	ANEXOS.....	129
	Anexo A. Inventarios de Máquinas (grupos y subgrupos).....	129

Lista de figuras

FIGURA 1. CURVA P-F.....	30
FIGURA 2. ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA AVANTI CLAR S.A.S.	36
FIGURA 3. POSICIÓN DE LA EMPRESA AVANTI CLAR S.A.S.	38
FIGURA 4. MATRIZ DE CRITICIDAD.....	52
FIGURA 5. MÁQUINAS RECICLADORAS DE SÓLIDOS.....	70
FIGURA 6. FRECUENCIA VS CONSECUENCIA MÁQUINA COMPACTADORA.....	79
FIGURA 7. MATRIZ DE CRITICIDAD COMPACTADORA.....	80
FIGURA 8. HOJA DE VIDA.....	81
FIGURA 9. LISTADO DE CHEQUE DE INSPECCIONES SEMANA	82
FIGURA 10. SOLICITUD DE SERVICIOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	83
FIGURA 11. CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	84
FIGURA 12. ORDEN DE TRABAJO	85
FIGURA 13. INDICADORES DE MANTENIMIENTO.....	86
FIGURA 14. ESQUEMA DE LA NUEVA PROPUESTA	89
FIGURA 15. ESQUEMA DE PROCESO DEL CAMBIO	91

Lista de tablas

TABLA 1. <i>ESCALAFÓN DE AVANTI CLAR S.A.S. EN EL MERCADO</i>	38
TABLA 2. <i>DATOS DE LA POBLACIÓN</i>	43
TABLA 3. <i>DATOS DE LA MUESTRA</i>	43
TABLA 4. <i>DATOS DE LA DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE</i>	47
TABLA 5. <i>PONDERACIÓN DEL FF</i>	49
TABLA 6. <i>PONDERACIÓN DEL IP</i>	50
TABLA 7. <i>PONDERACIÓN DEL SS</i>	50
TABLA 8. <i>PONDERACIÓN DEL CR</i>	51
TABLA 9. <i>PONDERACIÓN DEL TR</i>	51
TABLA 10. <i>PONDERACIÓN DEL TO</i>	51
TABLA 11. <i>INDICADORES DEL PLAN MANTENIMIENTO PREVENTIVO</i>	53
TABLA 12. <i>INVENTARIO DE MÁQUINAS</i>	56
TABLA 13. <i>ENTREVISTAS A OPERADORES Y MECÁNICOS</i>	57
TABLA 14. <i>LISTADO DE EQUIPOS Y PIEZAS CRÍTICAS</i>	64
TABLA 15. <i>TIEMPOS PERDIDOS DE LAS MÁQUINAS</i>	72
TABLA 16. <i>CONSOLIDADO TIEMPOS PERDIDOS VS CAUSAS</i>	75
TABLA 17. <i>FRECUENCIA VS CONSECUENCIA DE LA COMPACTADORA</i>	77
TABLA 18. <i>JERARQUIZACIÓN DE LA CRITICIDAD DE LA COMPACTADORA</i>	79
TABLA 19. <i>ACTIVIDADES DEL PGP</i>	87
TABLA 20. <i>FASES DEL PMP</i>	88
TABLA 21. <i>CUMPLIMIENTO DEL PROYECTO</i>	96
TABLA 22. <i>ESTIMACIÓN DE RECURSOS Y COSTOS DE LAS ACTIVIDADES</i>	98
TABLA 22. <i>MÉTRICAS DE CALIDAD</i>	101
TABLA 23. <i>MEDIDAS DE CONTROL DE CALIDAD</i>	102
TABLA 24. <i>MATRIZ RACI</i>	103
TABLA 25. <i>MATRIZ DE REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN</i>	105
TABLA 26. <i>GESTIÓN DEL RIESGO</i>	109
TABLA 27. <i>IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO</i>	110
TABLA 28. <i>RESPUESTA DEL RIESGO</i>	111
TABLA 29. <i>MATRIZ DE PROBABILIDAD E IMPACTO</i>	113
TABLA 30. <i>GESTIÓN DE LA ADQUISICIÓN</i>	114
TABLA 31. <i>ORDEN DE COMPRA</i>	115

1. Introducción

1.1. *Antecedentes del Problema u Oportunidad*

La Empresa Avanti Clar S.A.S, es una sociedad por acciones simplificadas, matriculada el martes 12 de enero de 2016 con domicilio registrado en la ciudad de Cartagena. Esta empresa se dedica principalmente a actividades de saneamiento ambiental y otros servicios de gestión de desechos; cuenta con máquinas industriales, las cuales requieren de mantenimiento y reparación regularmente, lo cual hace necesario tener un plan de mantenimiento y unos indicadores que estén enfocados en el proceso de reciclaje. Lo anterior implica la necesidad de diagnosticar fallas o problemas tempranos que conlleven a realizar un proceso de planeación y control de las posibles causas y efectos, por consiguiente, se debe realizar un programa de mantenimiento preventivo para máquinas y equipos distribuidores que brinden una disponibilidad y confiabilidad operacional de una forma eficiente y segura.

En la actualidad la Empresa Avanti Clar cuenta con un Plan de Mantenimiento sin indicadores claramente establecidos, esto hace que las rutinas o los tareas no tengan un mayor control y se realicen en tiempos más largos porque la mayoría son correctivas, lo cual conlleva al aumento del tiempo en el Mantenimiento y así mismo interfiere en los procesos de logística y distribución del producto final. La falta de gestión del mantenimiento preventivo impacta no solo aspectos operativos, sino también económicos y administrativos, siendo de gran relevancia para el buen funcionamiento de la empresa:

Los trabajos encaminados a la gestión de mantenimiento en los talleres de las empresas deben estar dirigidos en una primera etapa a sentar las bases que permitan implementar paulatinamente un sistema de gestión de mantenimiento donde los indicadores a evaluar no solo contemplen los aspectos técnicos, sino también los económicos y los ambientales. En esta primera etapa, la gestión debe

estar enfocada a garantizar el control técnico del parque de máquinas y utilizar con este fin indicadores que garanticen la confiabilidad, la mantenibilidad y la disponibilidad de dichas maquinas (Fernández, 2012, p. 73).

Avanti Clar, al no contar con un sistema de indicadores soportados tanto en informes o reportes, aumenta el trabajo en la Administración del Mantenimiento, lo que dificulta visualizar la trazabilidad de los Mantenimiento correctivos y preventivos que se deben realizar mensualmente.

Actualmente la empresa cuenta con una tabla en Excel donde están programadas las rutinas del Plan de Mantenimiento y se genera una buena cantidad de órdenes de trabajo para ejecutar manualmente, pero debido a que se encuentra limitado el Plan de Mantenimiento y los Indicadores no están aportando información para la Administración del Mantenimiento, se genera insatisfacción en el proceso del reciclaje, ya que se presentan demoras al realizarlos y en algunos casos son rechazados los materiales porque los equipos fallan al momento de procesarlos.

Estas demoras se presentan porque el tiempo invertido en la realización de las tareas es elevado, ya que se ven afectadas por la demora de llegada de los insumos, partes y repuestos. Aunque se tiene personal calificado para la realización estas tareas de mantenimiento, la dependencia en los tiempos de entrega de los proveedores de insumos, partes y repuestos, ha permitido que en algunas oportunidades se haya pagado un costo más elevado por estos elementos, lo que se ha reconocido por parte de la empresa, no como un gasto, sino como una inversión costo-beneficio. Actualmente se están buscando alianzas con proveedores que ofrezcan calidad en sus insumos, pertinencia, agilidad en las entregas y bajos costos.

1.2. Planteamiento del Problema

En Colombia la gestión de residuos ha evolucionado positivamente durante los últimos 20 años, existen muchos desafíos a gestionar, algunos de ellos son: i) la provisión de soluciones de mayor calidad para municipios y empresas más pequeñas; ii) promover organizaciones de gestión que reconozcan los procesos informales de manejo de residuos; iii) incrementar las especificaciones técnicas de saneamiento ambiental y mejorar la operación técnica del manejo de residuos; iv) avanzar en las medidas de adaptación al cambio climático, para evitar los problemas ocasionados durante la lluvia y períodos secos; v) incrementar el reciclaje de residuos sólidos.

Las riquezas del país en recursos naturales, entre ellos el agua y la vegetación, han llevado a la tarea y a la necesidad de que el Estado, de manera permanente, despliegue su función administrativa de regulación y control a través de la creación de marcos institucionales y legales respecto a la exploración, explotación, refinación, transporte, almacenamiento, distribución y comercialización de estos en el país. Sin embargo, en el marco institucional colombiano y como producto de la coexistencia de una gran cantidad de organismos de carácter público y subespecialidades, existen dificultades que afectan la gestión administrativa y que conllevan a que cuando se requiere la ejecución de un procedimiento de esta naturaleza esté mediado por múltiples trámites, una extensa burocracia, dilatación y, consecuentemente, la dificultad en el desarrollo de una prestación de servicio eficiente y eficaz para todos los actores (Prada, 2015).

Debido a la mala gestión de los desechos sólidos, la contaminación ambiental es un problema generalizado. El vertido y la quema a cielo abierto son los principales sistemas de tratamiento y disposición final de residuos implementados en países de bajos ingresos, es decir, existe una mala gestión de residuos en los países en desarrollo, y estos sistemas se constituyen a su vez en una problemática social al generar riesgos para

la salud humana. Los informes de resultados advierten que el impacto ambiental es generalizado en todo el mundo por las basuras marinas, la contaminación del aire, el suelo, el agua y el mal manejo empresarial de los residuos debido a las políticas ambientales que desarrollan.

En el marco legal el panorama tampoco es alentador, debido a la gama de disposiciones normativas segregadas, dispersas, específicas, que funcionan de manera atomizada y particularizada en diversos temas y que dificultan en la práctica el desarrollo de estas actividades, en concordancia con los retos impuestos por el mercado mundial.

Frente a tal perspectiva, este trabajo pretende hacer una reconstrucción teórica de estos dos ámbitos -el institucional y el normativo-, y con base en ellos verificar las condiciones de atomización legislativa que llevan a la dispersión en el cumplimiento de la función legislativa planteada por el Estado. Asimismo se pretende plantear que quizá esta es la causa más relevante que desvirtúa modelos de prestación de servicios eficientes por parte del Estado y los particulares, afectando con ello el acceso colectivo a los beneficios y el disfrute del bienestar, así como la satisfacción de los intereses sociales que desde ellos se pretende subsanar (Prada, 2015).

La producción mundial de plásticos con 335 mt continúa creciendo. En Europa, la demanda también creció un 3,2% y la participación de las importaciones aumentó hasta el 17,7%. El volumen global de residuos producidos se ha mantenido estable, su valorización alcanza el 69,2% y la tasa de reciclaje se sitúa en el 29,6%. Por otro lado, la recuperación de energía ha aumentado considerablemente, pero un pequeño tercio de los residuos plásticos permanece en vertederos. La industria europea de producción de plásticos contribuye positivamente a la balanza comercial europea ya que sigue siendo un exportador neto gracias a su producción de polímeros técnicos. Sin embargo, es la creciente participación de las importaciones que aumentó del 12% en 2005 al 17,7% en

2016, la que muestra que la producción, aunque aumenta ligeramente, ya no es suficiente para satisfacer la demanda interna y esta se encuentra así compensada, por importaciones principalmente de los Estados Unidos y el Golfo (Loubry 2017).

En los Estados Unidos, cada año se utilizan aproximadamente 37 millones de toneladas de plástico. De esta cantidad, los plásticos para envases y servicios de alimentos representan alrededor de 16 millones de toneladas y estos suelen ser de "un solo uso". En promedio cada estadounidense consume al año 100 libras de envases y plásticos para servicios de alimentos, sin embargo, el atractivo rendimiento y bajo costo del plástico ha permitido una amplia adopción, creando un desafío fundamental con el crecimiento de los desechos, incluidos los envases y los desechos de servicio de alimentos de un solo uso. Los residuos sólidos generalmente se gestionan y las fugas a los entornos marinos son bajas, pero las tasas de recuperación de envases y plástico para servicios de alimentos son de aproximadamente el 28% -dividido entre reciclaje mecánico y conversión de residuos en energía-, en comparación con otros países industrializados, será crucial disminuir la demanda de materiales reciclados. De manera crítica se hace relevante la necesidad de colaboración y compromiso de todas las empresas (Hundertmark et al., 2019).

Hoy en día la mayoría de las empresas de reciclaje se dedican a aumentar cada vez más el volumen de procesamiento de residuos sólidos reciclables sin tener en cuenta el desgaste ni la vida útil de las máquinas. A partir de lo encontrado en el proceso de mantenimiento, se generó la idea de realizar un plan de mantenimiento preventivo en la empresa Avanti Clar, mediante el estudio de criticidad de las partes, equipos y máquinas, todo esto partiendo de una propuesta para la gestión del mantenimiento para mejorar los tiempos de respuesta, la trazabilidad de programación y la compra de repuestos de forma

eficiente, de manera que se logre evitar las demoras en los procesos y a su vez garantizar una mejor condición en el trabajo y la operatividad de las máquinas.

Avanti Clar cuenta actualmente con un plan de mantenimiento que esta soportado por varios instructivos y algunos formatos que han sido establecidos por la empresa, este tipo de plan es el que se ocupa del mantenimiento correctivo de la compañía. Es por esta razón que la empresa solo se ocupa por atender las fallas menores de las máquinas y realiza los mantenimientos correctivos mayores con los contratistas, logrando contribuir en la sostenibilidad de los procesos operacional y logístico en la cadena de valor.

No obstante, debido a que en la empresa se evidencia una alta problemática por pérdida de tiempo en la operación a causa del mal procesamiento del material y por las repetidas fallas en las máquinas recicladoras, se hace necesario el planteamiento y la puesta en práctica de programas preventivos que permitan realizar las rutinas necesarias para mantener en mejores condiciones las máquinas y de esta forma brindar un mejor servicio a los clientes.

2. Objetivos

2.1. *Objetivo General*

Desarrollar una propuesta para la gestión operativa y logística del mantenimiento preventivo de las máquinas recicladoras de residuos sólidos en la empresa Avanti Clair.

2.2. *Objetivos Específicos*

- Realizar una revisión del diagnóstico organizacional de la problemática identificada en el área de mantenimiento teniendo en cuenta la literatura actual y las condiciones de los equipos.
- Diagnosticar las fallas posibles con el método de Alfa Cronbach, utilizando el coeficiente del Índice de Criticidad, con el fin de identificar y jerarquizar los equipos y partes, para priorizar el mantenimiento preventivo.
- Crear procesos y procedimientos de mantenimiento preventivo para el cuidado básico de los equipos y partes, con la programación de inspecciones y la programación del plan de mantenimiento preventivo para alargar la vida útil de los equipos.
- Generar indicadores en la propuesta del plan de mantenimiento preventivo que estén alineados con la estrategia y política de la empresa.
- Diseñar la propuesta del plan de intervención soportada en gestión de proyectos y orientada a la gestión de mantenimiento.

3. Justificación

Teniendo en cuenta el objetivo, las tareas del mantenimiento se pueden clasificar en varias categorías: correctivo, preventivo, predictivo, condicional y predeterminado (Palacio, 2008). La finalidad del plan de mantenimiento preventivo es tener las máquinas en estado de operación y servicio, no obstante, sin la debida planificación del mismo pueden producirse fallos que exigen el mantenimiento urgente para la corrección de defectos o reparación de averías, requiriendo de una dotación suficiente de repuestos para la ejecución en el menor tiempo posible.

En una empresa industrial existe un cúmulo de razones por las cuales se debe plantear la gestión del mantenimiento preventivo. Establecer algunos procesos y procedimientos ejecutables ayuda a evitar en lo posible las necesidades urgentes de las máquinas y la ejecución de intervenciones no programadas. Las siguientes son algunos de los efectos de la falta de planificación de mantenimiento preventivo:

- No contar con un amplio inventario implica tener menor disponibilidad de insumos y consumibles para garantizar la fiabilidad de partes o equipos
- Los repuestos defectuosos implican un alto riesgo para la operatividad de las máquinas
- Realizar un mantenimiento correctivo implica un alto consumo de recursos que no están planificados y la pérdida de tiempo en la operación por las máquinas detenidas
- Al detener las máquinas se genera tiempo perdido en la operación, atrasando la producción del reciclaje y ocasionando riesgo de incumplimiento con el cliente final

Podemos considerar que la falta de procesos y procedimientos estandarizados en el mantenimiento preventivo de las máquinas recicladoras incurre en la calidad del mantenimiento debido a que el personal realiza las actividades del mantenimiento correctivo definido por la empresa. Es por ello que la propuesta radica en garantizar la

operación de las máquinas en donde la planificación preventiva sea el eje central de ejecución del plan de mantenimiento, tomando decisiones mediante el monitoreo constante de las inspecciones, los procedimientos de la orden de trabajo, la clasificación de los equipos críticos y la alimentación de la información en las hojas de vida para llevar una mejor trazabilidad de las máquinas.

Ahora bien, la propuesta busca analizar la criticidad de las partes y equipos con el método Alfa Cronbach, partiendo de encuestas realizadas en la empresa con el fin de incrementar la confiabilidad y la disponibilidad de las maquinas recicladoras y de desencadenar un flujo continuo de procesos y procedimientos que busquen la mejora continua de las maquinas recicladoras, con ello se logrará finalmente minimizar los tiempos perdidos, las solicitudes de servicio y las actividades no programadas. En este orden de ideas, dentro del factor dinámico de Avanti Clar, el área de mantenimiento deberá apoyar todos los procesos operativos y logísticos de las diferentes áreas que intervienen en el proceso operativo.

4. Marco de Referencia

4.1. Antecedentes de la Investigación

Para delimitar los antecedentes de la investigación se recurrió a la selección y análisis de diferentes trabajos en los que se desarrollaron planes de mantenimiento preventivo a nivel internacional, nacional y local. A continuación se hace una breve descripción de algunas de las investigaciones más sobresalientes teniendo en cuenta lo que afirma Contreras:

Como parte del Marco Teórico, los antecedentes de la investigación se refieren a la revisión de trabajos previos sobre el tema en estudio, realizados en instituciones de educación superior. Constituyen fuentes primarias, ya que aportan los datos del estudio, sean de naturaleza numérica o verbal: muestra, población, categorías emergentes, resultados y validaciones, entre otros. (2011, Párr. 1).

En primera instancia a partir de los antecedentes a nivel internacional se puede señalar la investigación llevada a cabo por Elvis Alberto Cansino Flores (2015), denominada “Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo y seguridad industrial para la fábrica Minerosa”, de la Escuela Politécnica Nacional de Quito. En la investigación se implementó un plan de mantenimiento preventivo y de seguridad de todas las máquinas que conforman la planta para que mediante un método de análisis de modo de fallo y efectos se pudiera establecer la ejecución del plan, analizando los riesgos a los que se está expuesto a medida que se llevan a cabo las intervenciones.

Dentro de las conclusiones obtenidas se pudo determinar que el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo y estratégico se estableció a través de la planificación de las actividades para su implementación bajo los efectos productivos y los objetivos que tiene la empresa. Finalmente se pudo establecer que una vez diseñado el plan de mantenimiento se han determinado nuevas fallas que entran a partir de un nuevo proceso

de implementación que prolongue y de más productividad a las máquinas de la empresa en su tiempo de vida útil.

A nivel Nacional, sobresale la investigación denominada “Sostenibilidad y las cadenas de valor: una mirada desde las condiciones laborales en Colombia” de Jhon Arango y Miguel Vásquez (2015). En ella se establece que el mantenimiento de las condiciones laborales para llegar al trabajo decente pasa por considerar los conceptos de sostenibilidad y de cadenas de valor. Aplicar tales conceptos implica considerar la responsabilidad social y ambiental en el uso de los recursos naturales en términos de las dimensiones sociales, ambientales, económicas y humanas; implica considerar la división de las actividades en primarias y de apoyo relacionadas con las dimensiones mencionadas anteriormente. La generación del valor compartido, como una extensión de la cadena de valor, hace posible la identificación y aprovechamiento de nuevas oportunidades del mercado que tienen las empresas para desarrollar su pleno potencial y contribuir al desarrollo económico y social, al disminuir la pobreza. El trabajo decente se convierte en el núcleo sobre el que gravita la sostenibilidad de las empresas, la creación de cadenas de valor compartido, la generación de conocimiento y el mejoramiento de las condiciones laborales.

A nivel local, se ubica la investigación de María Paula Carrillo y colegas (2020), en este informe investigativo se tuvieron en cuenta las principales evidencias en el entorno empresarial de hoy. Por una parte, la sostenibilidad es un valor no solo determinante sino ineludible, y por otro lado, es justamente en las cadenas de valor donde se debe estudiar y trabajar en pro de una transformación positiva del entorno empresarial, ambiental y social, que al final se constituyen en uno y que dan forma al mundo. En la investigación, un grupo de 8 profesionales acudieron, después de haber revisado la literatura pertinente, a medir el ejercicio de la sostenibilidad en un grupo líder de las empresas colombianas.

Conversaron con sus líderes, observaron las acciones realizadas, analizaron sus alcances y plantearon recomendaciones. A través de una investigación cualitativa, se realizó desde el CEGC un análisis a las bondades percibidas por las empresas familiares, mediante la implementación de buenas prácticas de gobierno corporativo y de manejo integral de que las empresas vayan de la mano de todo lo que tiene que ver con prevención, tanto operativo como de personal.

4.2. Antecedentes Históricos

El propósito del plan de mantenimiento preventivo es tener en cuenta la toma de decisiones con respecto a las áreas relacionadas que entran a ser parte de la propuesta técnica y la ejecución de actividades de mantenimiento. Tal como lo explica Castela:

Con un buen plan de mantenimiento preventivo, el departamento de mantenimiento gana experiencia, es capaz de catalogar fallos típicos y llega a conocer los puntos débiles de sus instalaciones y máquinas, y al llevar a cabo esto se nos permite mejorar el ciclo de mantenimiento preventivo, entrando en un ciclo. (2017, Párr. 11).

En el caso específico de la empresa Avanti Clair, ya se han realizado procesos de evaluación con distintos planes de mantenimiento basados en la experiencia de los técnicos de mantenimiento, que abarcan el análisis del por qué suceden los correctivos y con qué frecuencia pasa, los costos y las consecuencias de las fallas. En este proceso se logró identificar que es conveniente que la evaluación de estrategias de mantenimiento, la selección de tareas, y por ende, la gestión global del mantenimiento en la organización, se deba manejar de manera formal y responsable, dejando de lado la improvisación y aleatoriedades. Además, los objetivos de la unidad encargada de realizar

la gestión del mantenimiento se determinarán y serán dependientes del plan estratégico y de negocio de la organización.

Las estrategias de mantenimiento deben estar siempre alineadas con los planes de negocio de la empresa ya que de esto depende la consecución de los objetivos del mantenimiento, y también, los del propio plan de negocio de la organización, tal como afirman Fernández y Shkiliova:

La evaluación del mantenimiento dentro de una organización permite analizar el cumplimiento de los objetivos y metas trazados, el estado de los trabajos y posibilita identificar los aspectos sobre los cuales es preciso trabajar para hacer más eficiente esta actividad. (2012, p. 1).

El plan de mantenimiento de la empresa Avanti Clair inició a finales de 2016, con la asesoría del técnico de mantenimiento en la planta y ese mismo año se emplea en las áreas de producción de la empresa embotelladora. En el año 2017 se emplea en el área de reciclaje de la línea de cruce con la primera herramienta adquirida, que fue un formato en Excel cuya función principal era la evaluación del funcionamiento de las máquinas. Posteriormente adquirieron el plan corporativo que era el de comprar varios repuestos de máquinas identificados por las frecuencias de revisión, por los tantos mantenimientos correctivos e inspección por las fallas, llegándose a determinar que la reincidencia no solo se encuentra en los procesos como tal y en la cantidad de manteamientos y equipos utilizados, sino también en las deficiencias de los operarios, deficiencias que se ven marcadas en la poca destreza y conocimientos para el manejo y ejecución de ciertas actividades que son importantes para la labor.

Adicionalmente, la empresa Avanti, está visualizando a corto y mediano plazo la adquisición de un nuevo plan de mantenimiento que ayude a identificar los equipos y materiales críticos para optimizar el inventario y los repuestos de baja y la alta rotación

partiendo de la identificación de los ciclos de vida útil de los equipo rotativos y los materiales que se encuentran en fricción, que debe ser el primer paso a realizar antes de cualquier ejecución mantenimiento o acción preventiva. Es importante mencionar que la implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo ayuda a mejorar las deficiencias de las máquinas y a disminuir los costos de producción, contribuyendo en el proceso de toma de decisiones en la Gestión del Mantenimiento.

4.3. Bases Teóricas y Conceptos

4.3.1 Tipos de Máquinas de Reciclaje de Sólidos.

Existe una gran variedad de máquinas que son utilizadas en el reciclaje de botellas plásticas, las mismas pueden ser agrupadas de la siguiente manera:

- **Compactadoras:** permiten reducir considerablemente el volumen de los residuos reciclados mediante la aplicación de una fuerza de compresión sobre los residuos.
- **Trituradoras:** permiten producir materiales de menor tamaño a partir de los materiales originales, esto se logra mediante la molienda de los materiales desechados.
- **Granuladoras:** se encargan de reducir el tamaño del material obtenido de la trituradora para convertirlo en pequeños pedazos llamados gránulos o grageas.
- **Cortadoras:** permiten extraer hilos de diferentes tamaños de las botellas plásticas recicladas mediante corte continuo. Pueden ser accionadas manualmente o por medio de un motor y de acuerdo con la posición de la botella pueden ser horizontales o verticales.
- **Cortadora vertical:** las botellas son colocadas en forma vertical en la cortadora, por lo general estas deben tener la base ya previamente cortada para su

funcionamiento, en este tipo de máquina se pueden procesar hasta 5 botellas al mismo tiempo, pero es necesario la intervención del operador para colocarlas.

- **Cortadora horizontal:** las botellas son colocadas en forma horizontal, por lo general no es necesario la extracción de la base para su proceso, se puede procesar una sola botella y es necesaria la intervención del operador para sujetar la botella en la máquina.

Conviene aclarar que las máquinas cortadoras de botellas con el propósito de hacer hilos que se pueden encontrar localmente en el Ecuador son demasiado básicas y nada automáticas, por lo cual el proyecto se convierte en algo inédito que contribuirá a reducir la contaminación ambiental, a generar fuentes de ingreso y a la elaboración de materia prima que podrá ser utilizada de manera directa o en la producción de otros elementos plásticos (Aguilera et al., 2017).

4.3.2 Definición de Mantenimiento.

El mantenimiento se define como la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o sistema se mantiene o se restablece a un estado en el que se pueden realizar las funciones designadas. Las inconsistencias en la operación del equipo dan por resultado una variabilidad excesiva en el producto y, en consecuencia, ocasionan una producción defectuosa. Para producir un alto nivel de calidad, el equipo debe operar dentro de las especificaciones, las cuales pueden alcanzarse mediante acciones oportunas de mantenimiento (Álvarez, 2004).

Por otro lado, según Arantes (2002, citado en Fuentes, 2015) el mantenimiento se define como una combinación de elementos básicos que permiten visualizar lo que la empresa le gustaría ser en un futuro, “*su disposición, deseo de ser y de actuar*” (p.3), generando un énfasis en la gestión y procurando una alta eficiencia mediante la

confiabilidad, mantenibilidad, y sustentabilidad, indicadores que deben ser monitoreados de forma continua.

Asimismo, Cárcel (2014) refiere que el mantenimiento industrial es una actividad estratégica al interior de las empresas, la cual debe ser aceptada por el resto de órganos de la gestión empresarial, sin embargo es un sector que permanece olvidado o relegado, hasta en segundas posiciones, considerándose como un costo económico pese a que sea capaz de proponer múltiples modelos y sistemas para realizar mejoras en el proceso de producción.

Según Álvarez (2004), un sistema es un conjunto de componentes que trabajan de forma combinada para lograr un objetivo común. El mantenimiento puede ser considerado como un sistema con un conjunto de actividades que se realizan en paralelo con los sistemas de producción debido a que generalmente en esta área se ocupan de convertir las entradas o insumos en materias primas, y la mano de obra y los procesos en productos que satisfacen las necesidades de los clientes.

El mantenimiento es una actividad científica por medio de la cual se logra la disponibilidad de los elementos con una mayor calidad y mantenibilidad, es así como se logra obtener utilidades, ya que es la única forma de conservar los equipos y las plantas en el más alto grado de productividad y competencia, genera un alargamiento de la vida útil retardando la compra de bienes nuevos, sin descartar la utilización de tecnologías más eficaces y rentables.

4.3.3 Aspectos Generales sobre Mantenimiento.

El mantenimiento planeado consta de tareas periódicas asignadas como rutinarias, destinadas a conocer y preservar el estado funcional y eficiente de las diferentes partes de forma sistemática, así como detectar cualquier avería o defecto con lo que se podrá

corregir sin que se produzcan alteraciones que perjudiquen la funcionalidad operativa y de seguridad de las máquinas.

Otro criterio importante es llevar seguimiento de información de las tareas rutinarias, las cuales se crean por medio de las inspecciones periódicas. Esta información es importante llevarla al día, definir la información que es necesaria recoger en cada una de las inspecciones y generar históricos sobre la medida y actuaciones realizadas, y asimismo sobre las incidencias y averías que se producen, con el fin de realizar estudios que proporcionen información sobre el comportamiento de los equipos.

Para la realización de un buen plan de mantenimiento se deben seguir unos pasos básicos; conocimiento de proceso de producción, definición de proceso más crítico, documentación de los sistemas, la definición de los equipos, de tipos o familias de equipos con mayor riesgo de fallo, análisis de criticidad, caracterización del equipo, la definición de los tipos de mantenimiento y las modificaciones de frecuencia y de inspecciones (Palacio, 2008).

La finalidad del mantenimiento programado para diagnóstico es tener los equipos en estado de operación y servicio; no obstante, el fallo esporádico y ocasional puede producirse. Según su objetivo, las tareas de mantenimiento se pueden clasificar en las tres siguientes categorías: tareas de mantenimiento correctivo, tareas de mantenimiento preventivo y tareas de mantenimiento condicional (Palacio, 2008, p.42).

Mantenimiento Correctivo: El mantenimiento correctivo son las tareas que se realizan con intención de recuperar la funcionalidad del elemento o sistema tras la pérdida de su capacidad para realizar la función o las prestaciones que se requieren. Como lo define Knezevic (citado en Palacio, 2008, p.43), una tarea de mantenimiento correctivo típica consta de las siguientes actividades: detección del fallo, localización del fallo, desmontaje, recuperación o sustitución, montaje, pruebas, verificación.

También se denomina como “mantenimiento reactivo”, este tiene cabida después de que ocurre un fallo, solo actuará cuando se presenta un error en el sistema; si no se produce ningún fallo, el mantenimiento será nulo, por lo que se espera hasta que se encuentre el desperfecto en el funcionamiento y a partir de allí, se toman medidas de corrección de errores (Cárcel, 2014).

Mantenimiento Preventivo: El mantenimiento preventivo es una tarea que se realiza para reducir la probabilidad de fallo del elemento o sistema, o para maximizar el beneficio operativo, su objetivo principal es reducir el coste de mantenimiento y la probabilidad de fallo. Una tarea de mantenimiento preventivo típica consta de las siguientes actividades de mantenimiento: desmontaje, recuperación o sustitución, montaje, pruebas y verificación. Las tareas de mantenimiento preventivo más comunes son sustituciones, renovaciones, revisiones generales, etc. Como lo afirma Knezevic (citado en Palacio, 2008, p.44), es necesario recalcar que estas tareas se realizan, a intervalos fijos.

El mantenimiento preventivo total (TMP), es uno de los sistemas fundamentales para generar la eficiencia y competitividad, para cumplir con las especificaciones de calidad, tiempo, costo de la producción y generalmente se ejecuta en conjunto con un programa de manejo de calidad total o *Total Quality Management (TQM)*, el cual se fundamenta en la búsqueda permanente por mejorar los rendimiento de procesos y medios de producción (Wikoff, 2007, citado en Alcaráz et al., 2015, p. 115).

El mantenimiento preventivo es aquel que se ejecuta en los equipos de una planta de forma planificada, programada y anticipada, con base en inspecciones periódicas debidamente establecidas según la naturaleza de cada máquina y encaminada a descubrir posibles defectos que puedan ocasionar paradas intempestivas de los equipos o daños mayores que afecten la vida útil de las máquinas (Muñoz, 2010, p.7).

Mantenimiento Condicional: Las políticas de mantenimiento preventivo y correctivo han sido preferidas por los directores de mantenimiento, sin embargo, durante los últimos veinte años, muchas organizaciones industriales han reconocido los inconvenientes de estos métodos. Por tanto, la necesidad de proporcionar seguridad y de reducir el costo de mantenimiento ha llevado a un interés creciente en el desarrollo de políticas de mantenimiento alternativas. En este sentido, el método que parece ser más atractivo para minimizar las limitaciones de las tareas de mantenimiento existentes es la política de mantenimiento condicional (COT, *Conditional Maintenance Task*).

Este procedimiento reconoce que la razón principal para realizar el mantenimiento es el cambio en la condición y/o en las prestaciones y que la ejecución de las tareas de mantenimiento preventivo debe estar basada en el estado real del elemento o sistema. De esta forma, mediante la vigilancia de ciertos parámetros sería posible identificar el momento más conveniente en que se deben realizar las tareas de mantenimiento preventivo. Consecuentemente, la tarea de mantenimiento condicional representa una tarea de mantenimiento que se realiza para conseguir una visión de la condición del elemento o sistema o descubrir un fallo oculto, a fin de determinar desde el punto de vista del usuario el curso de acción posterior para conservar la funcionalidad del elemento o sistema (Palacio, 2008, p.45).

Mantenimiento Predeterminado: El mantenimiento predeterminado consiste en inspeccionar, servir, limpiar el equipo y reemplazar piezas periódicamente para evitar averías súbitas o problemas de proceso. En estos planes de revisión se establece un calendario de fechas en las que se van a elaborar actuaciones sobre los equipos, permitiendo entre muchas otras ventajas una optimización de recursos, tales como la mano de obra. En determinadas situaciones el plazo de realización se estima de forma indirecta o mediante otros parámetros; unidades realizadas, kilómetros recorridos, etc.

Para una correcta aplicación de las operaciones de mantenimiento hay que hacer previamente un estudio o estimación de la vida de los distintos elementos susceptibles de desgaste o que conducen a deterioro o disfuncionamiento del equipo. La situación ideal sería aquella que por un conocimiento completo de la vida de todas y cada una de las piezas que sufren desgastes se confeccionara un programa de intervención preventiva de reposición; cada pieza sería repuesta por una nueva antes del desgaste total o rotura, de esta forma, las averías desaparecerían totalmente. Sin embargo, esta situación es utópica, ya que el conocimiento de la vida de las piezas es incompleto o incierto. En el mejor de los casos se puede conocer su distribución de probabilidad, si bien lo normal es hacer una previsión subjetiva de dicha distribución (Castela, 2017).

Mantenimiento Predictivo: El mantenimiento predictivo se basa en el hecho de que la mayoría de los fallos se producen lentamente y previamente, en algunos casos arrojan indicios evidentes de un futuro fallo, bien a simple vista, o bien mediante la monitorización, es decir, mediante la elección, la medición y algunos parámetros relevantes que representen el buen funcionamiento del equipo analizado. Por ejemplo, estos parámetros pueden ser: la temperatura, la presión, la velocidad lineal, la velocidad angular, la resistencia eléctrica, los ruidos y vibraciones, la rigidez dieléctrica, la viscosidad, el contenido de humedad, de impurezas y de cenizas en aceites aislantes, el espesor de chapas, el nivel de un fluido, etc. En otras palabras, con este método se trata de seguir la evolución de los futuros fallos (Olarte 2010).

Este sistema tiene la ventaja de que el seguimiento permite contar con un registro de la característica en análisis, sumamente útil ante fallos repetitivos. Además puede programarse la reparación en algunos casos junto con la parada programada del equipo y existen menos intervenciones de la mano de obra en mantenimiento.

4.3.4 Características de los Mantenimientos.

En las operaciones de mantenimiento, la gestión de mantenimiento es el destinado a la conservación de partes, equipos o maquinas mediante realización de revisiones, inspecciones y reparaciones periódicas que garanticen su buen funcionamiento y disponibilidad de las máquinas.

Mantenimiento Correctivo: El mantenimiento correctivo (también llamado mantenimiento de averías) consiste en tareas de mantenimiento que se realizan para rectificar y reparar sistemas y equipos defectuosos. El propósito del mantenimiento correctivo es restaurar los sistemas averiados.

El mantenimiento correctivo se inicia cuando se descubre un problema adicional durante una orden de trabajo separada. Por ejemplo, durante una reparación de emergencia, como parte de una inspección de rutina o en el proceso de realizar un mantenimiento preventivo, un técnico detecta otro problema que debe corregirse antes de que ocurran otros problemas. Al descubrir un problema adicional, se planifica y programa el mantenimiento correctivo para un momento futuro. Durante la ejecución del trabajo de mantenimiento correctivo, el activo se repara, restaura o reemplaza.

Mantenimiento Preventivo: El mantenimiento preventivo es el mantenimiento que se realiza con regularidad en un equipo para reducir la probabilidad de que falle y se realiza mientras el equipo aún está funcionando para que no se estropee inesperadamente. En términos de la complejidad de esta estrategia de mantenimiento, se encuentra entre el mantenimiento reactivo (o de ejecución hasta la falla) y el mantenimiento predictivo.

Dentro de los principales tipos de mantenimiento preventivo se encuentran:

- Preventivo programado: La base es el Plan establecido.

- Preventivo por estadística: La base son los datos estadísticos que se obtienen por tiempo o por una variable específica.
- Preventivo por condición: Por seguimiento a las condiciones físicas del equipo.
- De mejoras: Actividad programada para la modificación o reconstrucción.

Mantenimiento Condicional: El mantenimiento basado en condiciones (CBM) es una estrategia de mantenimiento que monitorea la condición en tiempo real de un activo para determinar qué mantenimiento se debe realizar. A diferencia del mantenimiento preventivo, que utiliza estrategias como el mantenimiento basado en el calendario u otros medios para determinar cuándo programar y realizar el mantenimiento, el procedimiento condicional dicta que el mantenimiento solo debe realizarse cuando estos indicadores en tiempo real muestran irregularidades o signos de disminución del rendimiento (Palacio, 2008, p.46).

El objetivo del mantenimiento basado en condiciones es monitorear continuamente los activos para detectar fallas inminentes, de modo que el mantenimiento se pueda programar de manera proactiva antes de que ocurra la falla. La idea es que este monitoreo en tiempo real dé a los equipos de mantenimiento suficiente tiempo antes de que ocurra una falla o el desempeño caiga por debajo de un nivel óptimo.

Mantenimiento Predeterminado: El mantenimiento predeterminado -también llamado mantenimiento basado en el tiempo-, se enfoca en los periodos de inspección que son cruciales para que el mantenimiento preventivo tenga éxito, ya que un periodo demasiado corto comportará costos innecesarios, mientras que un periodo demasiado largo conlleva a un aumento del riesgo de fallo.

Cuando se realizan los planes de mantenimiento se debe prestar especial atención ya que en ocasiones se puede incurrir en lo que se llama sobremantenimiento, que consiste en la realización de rutinas de mantenimiento con una periodicidad corta. Un

exceso de mantenimiento no sólo repercute en que al estar realizando revisiones continuas a los equipos, éstos, por regla general, tengan que pararse o reducir su capacidad de producción, sino que se pueden producir lo que se llaman averías inducidas, este tipo de averías surgen de errores producidos al llevar a cabo el mantenimiento. Por ejemplo, errores de montaje, mortandad infantil en piezas, etc. Por lo tanto, cuantas más veces se desmonte una pieza, más probabilidades hay de que se cometan errores en el proceso y deje de funcionar (Castela, 2017).

4.3.5 Rutinas de Mantenimiento e Inspecciones.

Lubricaciones: Para mantener las máquinas funcionando al máximo, es importante mantener su sistema de lubricación en óptimas condiciones. Tener un programa de mantenimiento del sistema de lubricación de rutina ayudará a asegurar que los problemas de servicio se mantengan al mínimo.

Para ayudar a prevenir obstrucciones en el sistema, se deben seguir los procedimientos correctos de almacenamiento y llenado de lubricante. Además, el mantenimiento adecuado del sistema de lubricación requiere una limpieza y reemplazo regulares de filtros y mallas. Se deben realizar inspecciones visuales periódicamente para detectar fugas que puedan repararse antes de que se conviertan en problemas graves. Con el mantenimiento de rutina del sistema de lubricación se pueden evitar muchos problemas comunes.

Inspecciones: Como componente clave de un programa de mantenimiento, las inspecciones incluyen tareas que verifican el estado del equipo y determinan qué herramientas, materiales y mano de obra se requieren para reparar los equipos o mantenerlos en buenas condiciones de funcionamiento. Una inspección de mantenimiento es el proceso de evaluación del estado de equipos o máquinas. Las inspecciones de mantenimiento pueden identificar problemas menores antes de que se conviertan en

reparaciones costosas. Las inspecciones garantizan que las máquinas funcionen correctamente y ayudan a evitar el tiempo de inactividad del equipo. Casi todas las plantas o instalaciones deben realizar inspecciones periódicas como parte de su programa de mantenimiento general. Los sistemas eléctricos, mecánicos y componentes de instrumentación deben ser revisados y posteriormente reparados.

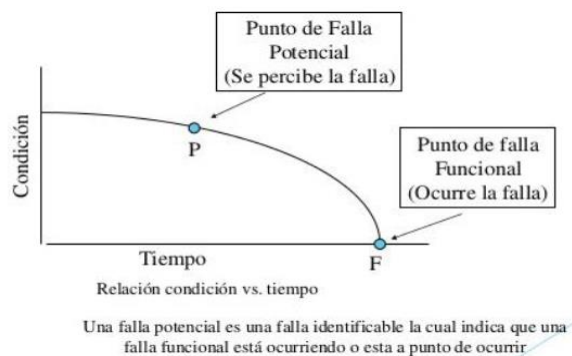
Estas inspecciones se pueden dividir en:

- **Inspecciones en proceso:** La inspección se realiza cuando la máquina está en operación, obteniendo un mejor análisis del funcionamiento de las partes mecánicas, hidráulicas, neumáticas y eléctricas.
- **Paradas por inspección:** Se realizan cuando la máquina está fuera de servicio o por paro programado.

4.3.6 Fallas.

Según Integra Markets (2017), es necesario gestionar las fallas mediante una metodología que permita aprender de las experiencias pasadas, mediante el registro y el posterior análisis de las mismas. Una metodología de trabajo es la creación de listas de ayuda al diagnóstico en las cuales se detallan los síntomas de la falla, las causas (probables) y las soluciones aplicadas. Existe un costo económico asociado a las fallas, el cual también debe ser parte del registro de información (Ver Figura 1).

Figura 1. Curva P-F



Fuente: Markets (2017).

Mediante el análisis de fallas se pueden encontrar las causas o factores que las provocan en los equipos, para luego evaluar la forma adecuada de evitar que se vuelvan a presentar. Este análisis se ve enriquecido con información adicional, como por ejemplo:

- Medición de condiciones ambientales
- Registro de últimos mantenimientos efectuados
- Condiciones de trabajo recomendadas por el proveedor
- Historial de fallas del equipo
- Forma de hacer el mantenimiento
- Personal que estuvo involucrado

Algunas de las principales causas de las fallas son:

- Problemas causados por desgaste, rotura, fatiga o repuestos defectuosos.
- Manejo inadecuado de los equipos (por descuido, falta de capacitación, malas decisiones, cansancio, etc.).
- Errores en la verificación del funcionamiento de los equipos y falta de atención a alarmas.
- Reparaciones mal hechas que vuelven a provocar el mismo tipo de falla.
- Condiciones ambientales (frío o calor extremo, humedad, exceso de polvo, corrosión, etc.).
- Uso de suministros no adecuados (Ej. nivel equivocado de voltaje).

4.3.7 Parámetros del Mantenimiento.

Confiabilidad: Es la probabilidad de que un componente o equipo lleve a cabo su función adecuadamente durante un período de tiempo y bajo condiciones operacionales dadas. La Confiabilidad de un componente o equipo puede cuantificarse mediante la utilización de dos parámetros básicos:

- *La Probabilidad de Supervivencia $P_s(t)$* : Que es igual al complemento de la probabilidad de falla $P_f(t)$. Si efectivamente el equipo está operando adecuadamente significa que no ha fallado: $P_s(t) = 1 - P_f(t)$.
- *La Rata de Fallas $r(t)$* : La cual se define, a efectos de Confiabilidad, como la probabilidad de falla inminente de un equipo al llegar a “t” horas de operación. La rata de fallas viene expresada en fallas por un intervalo de tiempo.

Tiempo medio entre fallas: Es la relación entre el producto del número de ítems por sus tiempos de operación y el número total de fallas detectadas en estos ítems en el periodo observado. Este indicador permitirá observar el tiempo promedio en el cual se presentan fallas en los equipos. Para el cálculo de este indicador se define:

- NOIT: Numero de ítems.
- HROP: Tiempo de operación
- NTMC: Número total de fallas

Se define catalogando

$$TMEF = \frac{NOIT * HROP}{\sum NTMC}$$

Tiempo Medio de Reparación: Permite conocer la gravedad de las averías considerando el tiempo medio para su solución. Analizando este indicador se pueden plantear estrategias para reducir los tiempos de equipo detenido.

- HTMC: Tiempo total del conjunto no operativo debido a fallas.
- NTMC: Número total de fallas del equipo en el periodo observado.

Se define catalogando

$$TMPR = \frac{HTMC}{NTMC}$$

Disponibilidad Total: Indica la relación que existe entre el tiempo que se desea tener en servicios los equipos y el que realmente se puede utilizar.

- HRMN: tiempo empleado para mantenimiento programado

Se define catalogando

$$Disponibilidad (Disp) = \frac{HROP - HRMN}{HROP}$$

4.3.8 Niveles de Mantenimiento.

Nivel de Mantenimiento I: Cambio de elementos consumibles y/o renglones simples que no requieren el desmontaje o apertura del equipo. Conservación de funciones de apariencia.

Nivel de Mantenimiento II: Actividades menores de mantenimiento preventivo por condición (inspección no especializada: inspección ocular, registro y control de parámetros operacionales) y por frecuencia. Mantenimiento correctivo menor mediante el intercambio de elementos estándares.

Nivel de Mantenimiento III: Mantenimiento preventivo por condición (inspección especializada) y por frecuencia (sustitución y/o reacondicionamiento cíclico). Mantenimiento correctivo mediante reparación de componentes y/o intercambio de elementos funcionales. Conservación y funciones de protección ambiental, integridad estructural, economía y eficiencia.

Nivel de Mantenimiento IV: Mantenimiento preventivo mediante ejecución de tareas de sustitución cíclica de sistemas y/o ensambles, calibración de dispositivos o aparatos de medición empleados en las actividades de mantenimiento. Fabricación y/o reparación de piezas, armado y reparación de conjuntos.

Nivel de Mantenimiento V: Mantenimiento mayor para restitución total de las funciones del equipo a condiciones de capacidad de diseño ("Cero horas de operación"). Las reparaciones son asignadas a este nivel por razones económicas y/o de oportunidad (Lezama, 2007, p.21).

4.3.9 Análisis de confiabilidad y sostenibilidad de los equipos y partes con alta criticidad.

Según Gasca et al (2017), el desarrollo del sistema parte de identificar las partes y los equipos que deben ser atendidos en función de su impacto sobre la operación; posteriormente a estos equipos se les construye una hoja de vida para identificar las fallas, creando una base de datos con información real referente a sus estados; finalmente, con estos datos se procede al análisis y modelado de la confiabilidad.

La sostenibilidad en el análisis crítico de equipos se debe llevar a cabo con base en un análisis cuantitativo de las fallas de los equipos y se clasifican en orden de consecuencias graves sobre la seguridad, el medio ambiente, la pérdida de producción y los costos de mantenimiento. El beneficio clave de este análisis es proporcionar los medios para reconocer equipos de alta criticidad frente a equipos de baja criticidad, reducir el nivel de incertidumbre y concentrarse en tareas de mantenimiento de alta prioridad. El análisis también ayuda a seleccionar la mejor y más económica estrategia de mantenimiento, priorizar las órdenes de trabajo y decidir sobre el seguro y la demanda de repuestos.

5 Marco institucional

La empresa Avanti Clair se constituye en la ciudad de Cartagena de Indias en el año 2015 como la respuesta ante la problemática de residuos sólidos constante que ha venido sufriendo la ciudad; los constantes desechos sólidos tirados en las vías y arroyos de la ciudad agravaban la situación hasta el punto de que las autoridades decidieron implantar el cobro de multas como solución a la problemática. Frente a la necesidad de brindar un reciclaje adecuado, dos ingenieros industriales lideraron y materializaron este proyecto del proceso del reciclaje.

Avanti Clar tiene como principal actividad económica el saneamiento ambiental y otros servicios de gestión de desechos sólidos. Esta empresa cuenta con una planta de reciclaje y gestiona el manejo ambiental en cuatro empresas grandes que tienen cobertura a nivel nacional e internacional, en donde el personal, los equipos y el mantenimiento son manejados por la empresa. Se ofrece apoyo y soporte a las estaciones de manejo ambiental a través del personal operativo y mediante la creación, desarrollo, implantación y seguimiento de programas que buscan aumentar la productividad y optimizar los procesos que se desarrollan dentro y alrededor de estas, controlando y mejorando el funcionamiento y la operabilidad.

5.1 Misión

Generando estrategias de valor, somos el socio estratégico en la región.

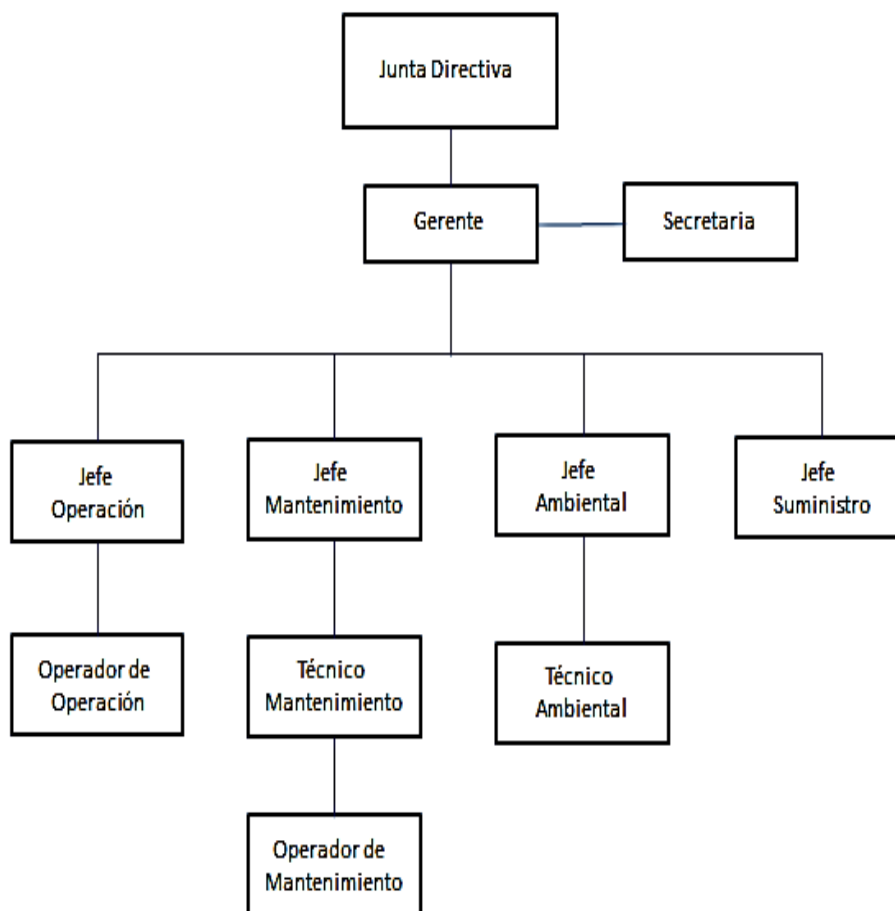
5.2 Visión

En el 2024, con nuestro equipo de trabajo, seremos líderes en la implementación del Plan de Gestión de Residuos Sólidos, con el mejor aliado en la industria, transformando los territorios en una región auto sostenibles.

5.3 Estructura Organizacional

En la actualidad la empresa presenta cuatro áreas de trabajo o departamentos: el área operativa, el departamento de mantenimiento (eje fundamental de la presente investigación), el departamento ambiental y el área de suministro. Cada uno de estos departamentos trabaja con un técnico u operador respectivo, en total cada departamento cuenta con 4 profesionales entre especialistas y técnicos, como se puede ver en el organigrama de la figura 2.

Figura 2. Organigrama de la Empresa Avanti Clar S.A.S.



Fuente: Autoría propia con información otorgada por Avanti Clar S.A.S.

5.4 Reseña Histórica (Línea de tiempo)

2015 Nace Avanti Clar: Nacimos en Cartagena, con una planta de reciclaje, para solucionar el problema de desechos sólidos a la ciudad.

2016 Entramos en la industria: Avanti Clar inicia el manejo de reciclaje en una de las empresas embotelladoras más grandes que hay a nivel nacional.

2017 Entramos en la línea de crucero: Conquistamos la línea de crucero con el buen manejo de los residuos sólidos.

2018 Aliados: La empresa viene trabajando en búsqueda de alianzas que le permitan ampliar su campo de acción y aprovechar la experiencia adquirida en los últimos años.

2018 Proyectos: Avanti Clar viene trabajando en proyectos de desarrollo sostenible con las poblaciones vulnerables que se mueven alrededor del negocio.

2019 Desarrollo e investigación: La Fundación Universitaria Colombo Internacional, institución de educación superior sin ánimo de lucro, interesada en el desarrollo de investigaciones que contribuyan a un desarrollo integral de la sociedad.

2019 Formación: Avanti Clar realiza participaciones de espacios de formación para las comunidades basadas en el mejoramiento y el desarrollo del ecosistema.

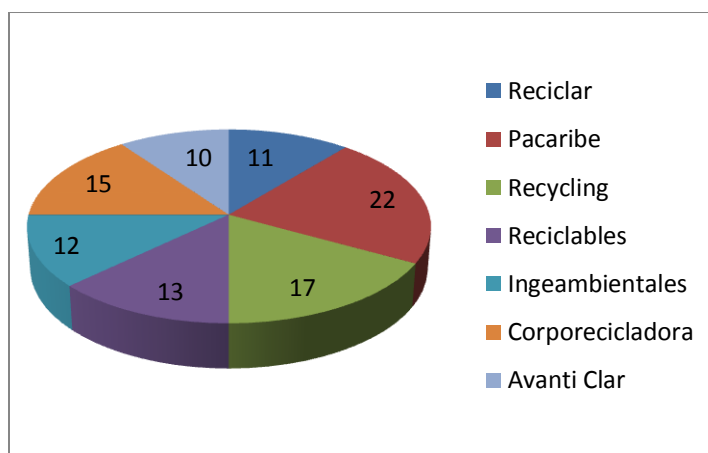
5.5 Posición en el Mercado

Aunque la empresa Avanti Clar presta en la actualidad el servicio de saneamiento ambiental y otros servicios de gestión de desechos con estándares de calidad en la ciudad de Cartagena, es claro que existen otras empresas en la ciudad con mayor

efectividad frente a la prestación del servicio y con una mayor aceptación en el mercado, como es el caso de Pacaribe y Recycling.

Avanti Clar, siendo una de las siete empresas con este enfoque operativo, se ubica en la séptima posición, demostrando con ello que todavía existen requerimientos tanto técnicos, operativos, de servicio y de recurso humano que debe ser analizados y mejorados para poder subir de nivel en la aceptabilidad, reconocimiento y posicionamiento en el mercado de la región (Ver Figura 3).

Figura 3. Posición de la Empresa Avanti Clar S.A.S.



Fuente: Elaboración propia.

Estos mismos resultados se pueden analizar la Tabla 1, donde se especifican datos con cantidades específicas que demuestran los primeros puestos de Pacaribe y Recycling en lo que tiene que ver en el manejo integral de residuos en porcentajes y kilogramos frente a las otras empresas de la ciudad que prestan este servicio. El 60% de 400 toneladas son del reciclaje sólido, es decir, 240 toneladas.

Tabla 1. Escalafón de Avanti Clar S.A.S. en el mercado

Posición	Color	Empresa	%	Kg	Ton
1		Pacaribe	22	52.800	53
2		Recycling	17	40.800	41

3		Corporecicladora	15	36.000	36
4		Reciclables	13	31.200	31
5		Ingeambientales	12	28.800	29
6		Reciclar	11	26.400	26
7		Avanti Clar	10	24.000	24
Total			100%	240.000	240

Fuente: Autoría propia con información otorgada por Avanti Clar S.A.S.

5.6 Identificación del Sector

La Empresa Avanti Clar va más allá de darle un manejo ambiental a los residuos sólidos de las empresas de la ciudad -sector Industrial-, también cuenta con una embotelladora y una línea de crucero, en este sentido, la empresa viene trabajando en búsqueda de alianzas que le permitan ampliar su campo de acción y aprovechar la experiencia adquirida en los últimos años para desarrollar proyectos con las poblaciones vulnerables que se mueven alrededor de este negocio y con el apoyo de organizaciones interesadas en el desarrollo integral de la sociedad.

5.6.1 Análisis del Sector Reciclaje (Residuos Sólidos).

Según la empresa Aseo Urbano de la Costa -encargada de la recolección de basura en Cartagena- un total de 400.000 toneladas de residuos fueron desechados por parte de los cartageneros durante 2018, determinando que existe un 20% de elementos recuperables y/o reciclables dentro de los que se encuentran metales, plásticos, cartones, entre otros. Sin embargo, solo el 3% de este porcentaje es aprovechado, ya que según el informe de Cómo Vamos de 2017, los cartageneros desconocen la manera correcta de separar los residuos y no existen campañas institucionales para reducir la generación de basuras, los datos indican que el 62 % de los usuarios no tienen el hábito del reciclaje frente al 38 % que sí lo practica.

De acuerdo con las estadísticas de la empresa, la cantidad de residuos o desechos ordinarios acumulados que se manejaron directamente entre los años 2017 y 2018, fue de 189.543 y 193.618 toneladas recolectadas respectivamente. De esta manera, tras evaluar esta situación y frente al nivel de aprovechamiento de estos residuos sólidos, se encontró que se necesitan potenciar acciones frente al manejo integral de estos residuos no solo en Cartagena sino en todo el país.

Uno de los planes de intervención de mercados que durante el 2018 inició Avanti Clar, es el de volcar su atención en nuevas estrategias comunitarias en la ciudad de Cartagena para educar en el reciclaje, buscando ofrecer una nueva línea de aprovechamiento con la que se genere conciencia de reducción y consumo responsable y para aprovechar mejor los materiales que pueden incluirse nuevamente en la cadena de producción y de consumo.

Dentro de las empresas que conforman al Grupo Sala Soluciones Ambientales para Latinoamérica, se encuentra Aseo Urbano de la Costa, que desde el año 2006 hace presencia en Cartagena, ofreciendo el servicio público de aseo en el 50% de la ciudad en los estratos 1, 2 y 3, sector comercial e industrial, para un total de 133.000 usuarios atendidos. Actualmente ha consolidado un amplio portafolio de Soluciones Ambientales para sus Clientes, mitigando los posibles impactos negativos de los residuos en el ambiente y en la salud de los ciudadanos.

En su zona de influencia en cuanto al servicio público de aseo, la empresa Aseo Urbano de la Costa se encarga de los componentes de barrido y limpieza de vías y áreas públicas, recolección y transporte de residuos sólidos hasta el sitio de disposición final (Rodríguez, 2018).

6 Diseño metodológico

6.1 Características de la Investigación

Según Roger Schroeder y colegas (2011) la gestión de mantenimiento de equipos industriales es una función comercial importante pero relativamente descuidada hasta el momento. A continuación se discuten los principales elementos del entorno de toma de decisiones de manera que se contribuya a la estructuración del área de gestión de mantenimiento y se proporcione un marco de referencia para futuras investigaciones en el estudio de políticas de mantenimiento.

En el análisis de investigación se encontró que los problemas importantes en la gestión de mantenimiento van desde varios modelos, técnicos de mantenimiento, programación y sistemas de información, etc. Dentro de cada categoría se han identificado brechas pero también se destaca un cambio en el paradigma de mantenimiento con base en las implicaciones prácticas que otorga la literatura sobre la clasificación de la gestión de mantenimiento, que hasta ahora ha sido muy limitada. En la investigación se revisaron una gran cantidad de documentos en este campo en los que se sugiere una clasificación en varias áreas y sub áreas. Posteriormente, se identificaron varias tendencias emergentes en el campo de la gestión de mantenimiento para ayudar a los investigadores a especificar vacíos en la literatura y dirigir los esfuerzos de investigación de manera adecuada (Garg & Deshmukh, 2006).

6.1.1 Modalidad de la investigación.

Con base en los datos recopilados teóricamente, el presente diseño metodológico se aplica a partir de la formulación de propuestas que permiten obtener información y los datos precisos para desarrollar la investigación a través de procesos, procedimientos, técnicas y herramientas, las cuales permitirán cumplir con los objetivos propuestos.

6.1.2 Tipo de Investigación.

Con base en las especificaciones técnicas, el presente documento se fundamenta en una investigación exploratoria descriptiva. Para la primera etapa - etapa diagnóstica- se tendrán en cuenta los siguientes indicadores de sostenibilidad en la cadena de valor:

- Conocer de forma cuantitativa el valor que tiene cada falla
- Orientar las necesidades de adiestramiento en base a las necesidades reales de la organización
- Identificar dónde se necesita hacer más robustas las operaciones y optimizar según la consecuencia de una falla
- Establecer un orden para ir eliminando las pérdidas de dinero o valor
- Establecer los pasos a seguir para controlar las desviaciones con respecto a la función deseada de un equipo o sistema
- Identificar lo poco que resulta ser más significativo, es decir, el 20% de los problemas que representan el 80% de las pérdidas de valor

Esta información se recopilará con base en los indicadores operativos y de gestión que posee en la actualidad la compañía, incluyendo los informes por cada una de las áreas establecidas anteriormente en el organigrama, en especial el departamento técnico y operativo. A continuación se relacionan las variables que se determinarán a partir de los objetivos establecidos.

6.1.3 Población y Muestra.

Todo sistema debe tener bien definidas sus fronteras o límites, de acuerdo con esto, es necesario tomar en cuenta la población que está dentro de esos límites ya que es una fuente primordial de información sobre el sistema estudiado (Lezama, 2007, p.41).

Población: Se entiende por Población a la totalidad del universo que interesa considerar y que es necesario que esté bien definido para que se sepa en todo momento qué elementos lo componen, como se puede observar en la Tabla 2.

Tabla 2. Datos de la Población

POBLACION	UNIDAD QUE CONFORMA LA POBLACION
La planta de procesadora de reciclaje solido	Maquinas: Compactadoras, Trituradoras, Granuladora, Cortadoras, transportadores, secadoras, línea de llantas y neumáticos y cizallas

Fuente: Autoría propia con información otorgada por Avanti Clar S.A.S.

Muestra: Es el principio de que las partes representan al todo y, por tal, refleja las características que definen la población de la que fue extraída, lo cual indica que es representativa. Por lo tanto, la validez de la generalización depende de la validez y tamaño de la muestra. La muestra es de tipo intencionado, ya que se seleccionó a juicio del investigador porque se tiene un conocimiento previo de la población que se investiga, además, la máquina compactadora de la planta es la que maneja la mayor producción de la empresa y se establece como muestra (Ver Tabla 3).

Tabla 3. Datos de la Muestra

MUESTRA	ETAPAS DE LOS PROCESOS QUE CONFORMAN LA MUESTRA	EQUIPOS QUE CONFORMAN LAS ETAPAS DE LA MUESTRA
Maquina Compactadora	Sistema Hidráulico	Mando Hidráulico
		Mangueras Hidráulicas
		Accesorios Hidráulicas
		Llaves de Paso Hidráulica
	Sistema de bombeo hidráulico	Bomba Hidráulica
		Depósito de Aceite
		Cilindro Hidráulico
		Filtro de Aceite
	Sistema Eléctrico	Cableado Eléctrico
		Breaker Eléctrico
Conexiones Eléctricas		

MUESTRA	ETAPAS DE LOS PROCESOS QUE CONFORMAN LA MUESTRA	EQUIPOS QUE CONFORMAN LAS ETAPAS DE LA MUESTRA
Máquina Compactadora	Sistema Mecánico	Planchas Metálicas
		Soportes Metálicos
		Guías Metálicas
	Sistema de Arrastre	Bandas
		Cadenas
		Piñones
		Poleas
	Sistema de Sunchado o Amarre	Alambre de amarre
		Suncho de amarre

Fuente: Autoría Propia con datos otorgados por Avanti Clar S.A.S.

6.2 Diseño de la Investigación

6.2.1 Procedimientos y Técnicas para la Recolección de Datos.

Técnicas para la recolección de datos: El instrumento que se va a utilizar para la toma de datos es el formato de inspección de máquinas, con este recurso la información podrá ser más precisa y más fácil de recopilar.

Procedimientos para recolección de datos: Se realizará un inventario de las máquinas y las zonas de ubicación, en cada zona se analizarán los complementos de las máquinas, cada máquina (se llevará a cabo para toda las máquinas) será un grupo el cual se dividirá por subgrupos y cada subgrupo en actividades o etapas.

6.2.2 Procedimientos para el Análisis de Datos.

En el desarrollo de todo el trabajo se utilizan los formatos de inspecciones inventarios, tablas, guías, manuales y gráficos de diseño, también se comparan los datos recogidos con los meses anteriores que contribuyen a la comprensión de los datos tomados, llevando los resultados a una mejor aplicabilidad. Además, se tienen en cuenta los costos por horas hombre, listados de materiales de partes y equipos críticos para hacer más fácil los diferentes tipos de mantenimiento, toda esta información se sistematizará a partir de formatos. Es importante tener en cuenta que los datos que se

otorguen en el momento a la institución hacen parte de la reserva y la confidencialidad técnica de la empresa.

Para facilitar el análisis y procesamiento de datos en el informe de los datos recabados, los datos se clasificarán por fecha, área y nivel jerárquico y se tomará en cuenta lo siguiente:

- A partir de los datos obtenidos, se determinará la situación actual en la que se encuentra las partes, equipos y máquinas en estudio, identificando sus puntos débiles y causas de problemas, así como las oportunidades de mejora.
- La información analizada y procesada se presentará en forma de gráficos, tablas, cuadros y/o resúmenes para poder obtener apreciaciones objetivas acerca de los problemas encontrados. Finalizada esta etapa, se presentará un informe de la data analizada y procesada, que servirá de información de entrada para la etapa de elaboración de las propuestas de mejora.

6.2.3 Levantamiento de la Información.

Para lograr los objetivos mencionados se llevarán a cabo las siguientes técnicas de recolección de información:

Entrevistas: Serán dirigidas al personal de diferentes niveles jerárquicos de las diferentes áreas de la empresa (jefes, supervisores, operarios, etc.), con la finalidad de tener un panorama amplio de cuál es la visión que el personal tiene acerca de la gestión que se realiza actualmente, ya que ellos, como protagonistas del trabajo, conocen los procesos de la empresa en su totalidad, así como los problemas e inconvenientes que se presentan y las posibles oportunidades de mejora. Los indicadores de respuesta estarán catalogados de 0 a 4 (Baja), de 5 a 7 (Media) y de 8 a 10 (Alta).

Análisis documental: Se realizará una revisión y análisis de la documentación con la que la empresa cuenta actualmente a fin de obtener información acerca de las

actividades que realiza la empresa, la infraestructura, procedimientos y prácticas de trabajo -en este caso se puede señalar la información que soportan las listas de chequeo que posee la empresa. La información analizada será del periodo 2019, ya que es información real de un año cerrado, lo que facilitará la realización del análisis y las conclusiones.

Observación: Se realizarán visitas constantes, tanto a la oficina como al taller, enfocadas a observar los hechos (funciones, tareas y actividades) sustentados en la documentación, registros y archivos presentados en la etapa de análisis documental.

Es importante tener en cuenta que para el procesamiento de los datos se realizará un análisis de criticidad en los subgrupos de las máquinas de reciclaje, este estudio se llevará a cabo para identificar la baja, media o alta criticidad de los equipos y piezas de las máquinas. La información para el análisis se recopila a partir de reuniones y entrevistas al grupo de trabajo de Avanti Clair con el fin de hacer el Análisis de Criticidad en las máquinas y así poder detectar los equipos y piezas críticas según su consecuencia.

Se evaluarán los seis factores de falla y de impacto que elevan el costo de mantenimiento: Frecuencia de Fallas (FF), Impacto en la Producción (IP), Seguridad y Salud (SS), Costos de Reparación (CR), Tiempo de Reparación (TR) y Tiempo de Operación (TO). Los grupos y subgrupos identificados para el análisis y las frecuencias dan los resultados y a su vez llevan a clasificar la consecuencia.

Para lograr estas actividades de forma adecuada se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Coordinar de manera anticipada las fechas para la realización de las entrevistas y cuestionarios con el personal de los diferentes niveles jerárquicos de la empresa.

- El análisis documental se deberá realizar con el personal de la empresa, el cual absolverá dudas o explicará la información que no pueda ser de fácil entendimiento.
- Las visitas para la realización de la etapa de observación se deben coordinar con los encargados de las diferentes áreas en lo que refiere a fecha, lugar y hora, con la finalidad de poder recabar a cabalidad la información de las prácticas de trabajo diario de los empleados y trabajadores de la empresa.
- Se deberá cumplir el rol de fechas coordinadas con los encargados, tanto para entrevistas informales, la revisión documental y visitas a oficina y taller.
- Finalizada la etapa de levantamiento de información, se presentará un informe con los datos recabados, el cual servirá de información de entrada para la etapa de análisis y procesamiento de datos.

6.2.4 Descripción de Variables del Método Alfa Cronbach.

Tabla 4. *Datos de la descripción de la variable*

Objetivos	Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Ecuación
Diagnosticarla situación actual y las condiciones de la operación de los equipos mediante la matriz de criticidad Frecuencia Vs Consecuencia y calculamos el Riesgo de las fallas presentadas en las maquinas	Mantenimiento Preventivo	Knezevic (citado en Palacio, 2008, p.44). La tarea de mantenimiento preventivo es una tarea que se realiza para reducir la probabilidad de fallo del elemento o sistema, o para maximizar el beneficio	El mantenimiento o planeado consta de tareas periódicas asignadas como rutinarias destinadas a conocer y preservar el estado funcional y eficiente de las diferentes	Confiabilidad	1. Frecuencia de Falla (FF) 2. Impacto en la Producción (IP) 3. Seguridad y Salud (SS) 4. Costos de Reparación (CR) 5. Tiempo de Reparación (TR) 6. Tiempo de Operación (TO)

<p>Realizar los Análisis de Criticidad, con el fin de identificar el orden y la prioridad para la programación de los mantenimientos preventivos de las máquinas</p>		<p>operativo. Una tarea de mantenimiento preventivo típica consta de las siguientes actividades de mantenimiento: desmontaje, recuperación o sustitución, montaje, pruebas, verificación.</p>	<p>partes, de forma sistemática, así como detectar cualquier avería o defecto con lo que se podrá corregir sin que se produzcan alteraciones que perjudiquen la funcionalidad operativa y de seguridad de las máquinas.</p>	<p>Mantenibilidad</p>	<p>Es la probabilidad de que un equipo que ha fallado pueda ser reparado dentro de un período de tiempo dado, cuando su mantenimiento es realizado de acuerdo a los procesos y procedimientos establecemos el índice de criticidad IC, a partir de la siguiente ecuaciones: $IC = FF \times CF$</p>
<p>Analizar los eventos más crónicos de la las máquinas, mediante el método de confiabilidad de Alfa Cronbach, calculando el Índice de Criticidad</p>		<p>Las tareas de mantenimiento de este tipo se realizan con el objetivo principal de reducir: el coste de mantenimiento, la probabilidad de fallo. Las tareas de mantenimiento preventivo más comunes son sustituciones, renovaciones, revisiones generales, etc. Es necesario recalcar que estas tareas se realizan, a intervalos fijos.</p>	<p>Otro criterio importante es llevar seguimiento de información de las tareas rutinarias, las cuales se crean por medio de las inspecciones periódicas.</p>	<p>Disponibilidad</p>	<p>Es la probabilidad de que un equipo esté disponible para su uso en cualquier momento a lo largo de un período de vida útil falle, cuantificamos el índice de criticidad IC, a partir de la siguiente ecuaciones $IC = FF \times (IP + SS + CR + TR + TO)$</p>
<p>Optimizar los planes de Mantenimiento mediante el programa del Plan Maestro de mantenimiento</p>					

Fuente: Elaboración propia.

6.2.5 Método de Alfa Cronbach para Identificar los Equipos Críticos.

El análisis de criticidad se realiza para identificar las partes y los equipos críticos, evaluando la frecuencia de la falla por su consecuencia. Este análisis se llevó a cabo a partir de la encuesta a un conjunto de personas previamente seleccionadas del área de mantenimiento y de operación de la empresa, validando las inspecciones obtenidas a

través de la información recopilada y de la confiabilidad por el método de Alfa Cronbach, el cual consiste en la media de las correlaciones entre las variables que forman parte de la escala del IC, con un coeficiente de 0,81.

Con base en los resultados de las encuestas, se jerarquizan los equipos de la planta de producción mediante la cuantificación de un índice de criticidad IC, a partir de las ecuaciones (1) y (2), y de la ponderación de las respuestas, como se observa en las Tablas 5, 6, 7, 8, 9, 10 y la Figura 4.

El IC, según la ecuación (1), es el producto de la frecuencia de fallas FF y la consecuencia de la falla CF, esta ecuación es ampliamente utilizada por la literatura:

$$IC = FF \times CF \quad (1)$$

La FF se evalúa a partir de la tasa estimada de incidencia de fallas. La ponderación de FF se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Ponderación del FF

Frecuencia de Falla (FF)	Valor
¿Qué tan Frecuentes son la Fallas Ocurridas?	
Menos de 1 por Semestre	1
Entre 2 a 6 pos Semestre	2
Entre 13 a 26 pos Semestre	3
Más de 26 pos Semestre (más de 1 por semana)	4

Fuente: Adaptación de Gasca, Camargo, & Medina, (2017).

La CF se evalúa a partir de la suma del impacto en la producción –IP-, el impacto en la seguridad y salud –SS-, los costos de reparación –CR-, el tiempo de reparación –TR-, y el tiempo de operación -TO. Estos criterios fueron elegidos por los expertos que validaron el instrumento y las tablas de ponderación, considerando que son los más significativos en la evaluación de la consecuencia que puede ocasionar una falla en un equipo industrial. Finalmente, IC se calcula utilizando la ecuación (2):

$$IC = FF \times (IP + SS + CR + TR + TO) \quad (2)$$

El IP registra porcentualmente la producción aproximada que se deja de obtener por día debido a fallas ocurridas, este define la consecuencia inmediata de la ocurrencia de la falla, que puede representar un paro total o parcial de los quipos del sistema estudiado y, al mismo tiempo, el paro del proceso productivo de la unidad. La ponderación del IP se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Ponderación del IP

Impacto en la Producción (IP)	Valor
¿Cuál es el impacto en la producción?	
Menor al 25%	1
25 % de Impacto	2
50 % de Impacto	3
75 % de Impacto	4

Fuente: Adaptación de Gasca, Camargo, & Medina, (2017).

El SS registra la ocurrencia de eventos en los cuales alguna persona puede resultar lesionada. Para este indicador se sugiere obtener la información y colaboración del personal de recursos humanos, comités paritarios y salud ocupacional de la empresa. La ponderación de SS se muestra en la 7.

Tabla 7. Ponderación del SS

Seguridad y Salud (SS)	Valor
¿Cuál es la lesión más significativa que puede presentar en la operación de la maquina?	
No hay algún riesgo de lección	1
Lesiones leves (sin incapacidad)	2
Lesiones Significativas (Incapacidad entre 1 a 30 días)	3
Lesiones de Incapacidad parcial o permanente (mayor a 30 días)	4

Fuente: Adaptación de Gasca, Camargo, & Medina, (2017).

El CR hace referencia al costo promedio por falla, requerido para restituir el equipo a condiciones óptimas de funcionamiento, incluye labor, materiales y transporte. La ponderación del CR se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Ponderación del CR

Costos de Reparación (CR)	Valor
¿Cuál es el costo anual del mantenimiento de la maquina?	
Menos a 3 millones	1
Entre 3 a 15 millones	2
Entre 15.1 a 30 millones	3
Más de 30 millones	4

Fuente: Adaptación de Gasca, Camargo, & Medina, (2017).

El TR es el tiempo promedio por día empleado para reparar la falla, se considera desde que el equipo pierde su función hasta que esté disponible para cumplirla nuevamente. El TR, mide la efectividad para restituir la unidad o unidades del sistema en estudio a condiciones óptimas de operatividad. La ponderación del TR se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Ponderación del TR

Tiempo de Reparación (TR)	Valor
¿Cuál es el tiempo promedio para reparar la maquina?	
Menos a 4 horas	1
Igual o mayor a 4 horas y menor a 6 horas	2
Igual o mayor a 6 horas y menor a 12 horas	3
Mayor a 12 horas	4

Fuente: Adaptación de Gasca, Camargo, & Medina, (2017).

El TO es el tiempo que dura el equipo en producción. Su ponderación se observa en la tabla 10.

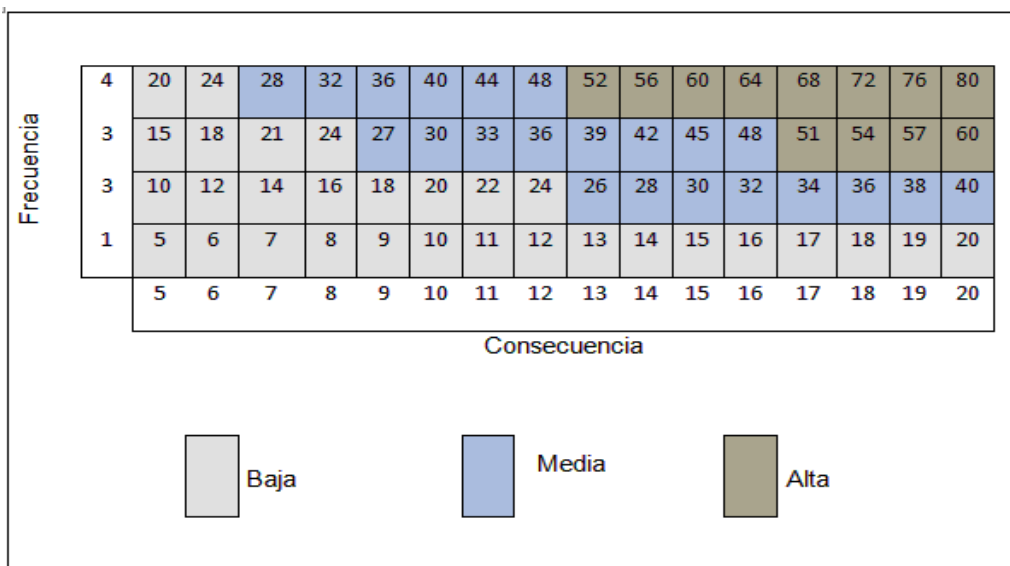
Tabla 10. Ponderación del TO

Tiempo de Operación (TO)	Valor
¿Cuál es el tiempo de trabajo de esta máquina?	
Opcionalmente	1
Un turno de trabajo	2
Dos turno de trabajo	3
Totalmente	4

Fuente: Adaptación de Gasca, Camargo, & Medina, (2017).

Obtenido el valor del índice de criticidad de cada equipo, éstos se clasificaron como de alta criticidad (51-80), media criticidad (26-50) o baja criticidad (5-25), de acuerdo con la matriz de criticidad de la Figura 4.

Figura 4. Matriz de Criticidad



Fuente: Adaptación de Gasca, Camargo, & Medina, (2017).

6.2.6 Establecimiento de Indicadores.

Según Beltrán un indicador se define como “la relación entre las variables cuantitativas o cualitativas, que permite observar la situación y las tendencias de cambio generadas en el objeto o fenómeno observado, respecto de objetivos y metas previos e influencias esperadas” (2000, p.35). En este sentido, los indicadores de mantenimiento planteados permiten observar el impacto que realizan las medidas preventivas sobre la operación y disponibilidad de elementos y equipos de Avanti Clair y brindar los elementos de juicio para realizar ajustes y mejoras en las actividades proactivas que se han determinado. Se desarrollan también indicadores de gestión de órdenes de trabajo, con los que se realiza el seguimiento al cumplimiento de las órdenes de trabajo generadas.

Se empleó el esquema de tipo descriptivo, el cual permitió establecer cada una de las categorías que evalúan los indicadores de la gestión de mantenimiento. Los

indicadores determinarán el comportamiento de lo programado, solicitado, ejecutado, dando como resultado la trazabilidad de las diferentes fallas (Ver Tabla 11).

Tabla 11. *Indicadores del plan mantenimiento preventivo*

ENFOQUE	DESCRIPCION	EXPRESION	INTERPRETACION
Mantenimiento preventivo	Establece la relación entre el mantenimiento preventivo y el total de mantenimiento preventivos programados	Mantenimientos preventivos / total de mantenimientos preventivos programados (%)	Valores altos indican la efectividad de los mantenimientos preventivos completados y deben de estar por encima del 96 %
	Establece la relación entre las actividades ejecutadas y el total de actividades programados	Actividades ejecutadas / actividades programadas (%)	Valores altos indican la efectividad de las actividades completadas por encima o igual al 96 %
	Establece la relación entre las solicitudes atendidas y el total de solicitudes programados	Número de solicitudes operacionales atendidas / número de solicitudes operacionales generadas (%)	Valores altos indican la efectividad de las solicitudes atendidas por encima del 96 %
	Establece la relación entre el mantenimiento correctivos y el total de mantenimiento correctivos programados	Mantenimientos correctivos / total de mantenimientos (%)	Valores bajos indican la efectividad de los mantenimientos preventivos por debajo o igual al 4%
	Establece la relación entre las horas no operacionales y el total de horas operacionales disponibles	Horas de no Operación (Fuera de Servicio) de equipos de alta criticidad / Total de horas disponibles de Operación	Valores bajos indica que la maquina no paro y la efectividad de los mantenimientos preventivos por debajo o igual al 10% del total de horas disponibles

Fuente: Elaboración propia.

6.2.7 Desarrollo del Plan de Gestión de Proyectos Orientado al Mantenimiento Preventivo.

El Plan de Gestión del Proyecto es el instrumento que define el proyecto e indica cómo se va a gestionar durante su realización. Este instrumento es preparado durante todas las actividades, desde la planificación hasta los interesados del proyecto.

La metodología para gestionar los proyectos de mantenimiento preventivo incluye las siguientes actividades:

- Gestión de la integración
- Gestión del alcance
- Gestión del tiempo
- Gestión de costos
- Gestión de la calidad
- Gestión de los recursos humanos
- Gestión de comunicación
- Gestión de riesgos
- Gestión de adquisiciones
- Gestión de los interesados

Desde la guía del PMI -Project Management Institute- se va a desarrollar el instrumento, el cual cubre los procesos de identificación, selección y definición del proyecto de mantenimiento preventivo, ejecutando la entrada a la operación y visualizando su desarrollo.

6.2.8 Mejora de los Procesos y Procedimientos del Plan de Mantenimiento Preventivo.

Se debe tener en cuenta que la empresa Avanti Clair trabaja con formatos de mantenimiento y no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo en el cual se programen las actividades del año.

La mejora de los procesos y procedimientos en el plan de mantenimiento preventivo entrega los formatos para la ejecución del mantenimiento preventivo en la empresa y a su vez requiere ejecutar la gestión del mantenimiento de acuerdo a las fases planteadas:

- **1 fase:** Inventario de equipos
- **2 Fase:** Clasificación de las zonas y maquinas
- **3 Fase:** Clasificación y jerarquización de los equipos críticos
- **4 Fase:** Hoja de vida de equipos críticos y piezas
- **5 Fase:** Listado de inspecciones
- **6 Fase:** Cronograma de mantenimiento
- **7 Fase:** Solicitud de servicios de mantenimiento
- **8 Fase:** Generación y ejecución de la orden de trabajo
- **9 Fase:** Tiempos perdidos
- **10 Fase:** Indicadores

Cada que se adquiera un máquina, equipo o pieza nueva se le debe hacer una hoja de vida y debe ser ingresado al cronograma de mantenimiento según ficha técnica del fabricante. Además se le debe realizar el análisis de criticidad para saber con qué frecuencia se generan las fallas y con qué consecuencia de criticidad quedaría si es Alta, Media o Baja, para tener en stock los repuestos más importantes y los repuestos que se demoran en importación.

7 Desarrollo del Trabajo

7.1 Diagnóstico

Con base en las actividades determinadas anteriormente en la metodología, a continuación se presenta el diagnóstico organizacional. Los resultados se obtuvieron a partir de las entrevistas a operadores y mecánicos de la empresa objeto de intervención y de la recopilación de información obtenida a través de las listas de chequeos.

7.1.1 Trabajo de Campo.

Inventario de las maquinas: Se realizó trabajo de campo para hacer el inventario de las maquinas en la planta, la información se almacenó en el formato de Inventario de Máquinas como se puede observar en la Tabla 12 y el Anexo A.

Tabla 12. Inventario de máquinas

		INVENTARIO DE MAQUINAS		
GESTIÓN DE MANTENIMIENTO			Fecha	Responsable
Zona	Maquina	Descripción del Equipo	Tag	
Planta	Trituradora (Pet)	Tritura el plástico de botellones y botellas	PlaTriPet	Técnico de Mtto
	Molina (Bolsa)	Molido de bolsas plásticas de todo tipo	PlaMobo	
	Compactadora Vertical	Compacta el cartón y el papel	PlaCoVe	
	Transportadores del Producto	Transporta el producto triturado	PlaTraPro	
	Secadora de Producto	Seca el producto triturado	PlaSePro	

Línea de Llantas y Neumáticos	1. Separa las cubiertas, 2. Sacado de punta y Pulido de los sobrantes, 3. Se realizan varios cortes, 4. Prensado	PlaLiLlaNe
Granuladora	Muele todo el plástico	PlaGraPla
Cortadora	Corta llantas y neumáticos	PlaCoLlaNe
Cizalla	Corte del cartón y papel	PlaCiCaPa

Fuente: Elaboración propia.

7.1.2 Datos Recolectados.

Entrevistas a los operadores y mecánicos: En el siguiente orden se establecen los resultados arrojados por las entrevistas a operadores y mecánicos, en las cuales se establece, de acuerdo a los criterios dados, el grado de presencia de las fallas, ya sea baja, media o alta.

Tabla 13. Entrevistas a operadores y mecánicos

FORMATO ENTREVISTA A OPERARIOS Y MECANICOS												
Gestión del Mantenimiento											Fecha	
Observación: En este formato se consolidaron las respuestas de todos los entrevistados de acuerdo a la cantidad de fallas en el mes												
Descripción Equipo o Partes	OPERARIO 1	OPERARIO 2	OPERARIO 3	OPERARIO 4	OPERARIO 5	OPERARIO 6	OPERARIO 7	MECÁNICO 1	MECÁNICO 2	MECÁNICO 3	RESULTADO %	INDICADOR
FALLAS TRITURADORA											46	
Moto reductor	1				1		1				3	Baja

(caja)												
Motor paralelo (rodamientos, eje y carcasa)		1		1				1			3	Baja
Guías de teflón	1		1		1		1		1		5	Baja
Cadena	1	1		1		1	1	1		1	7	Media
Piñones	1					1			1		3	Baja
Navajas	1	1	1	1	1	1	1	1	1		9	Alta
Tolva	1									1	2	Baja
Mesa			1					1			2	Baja
Motor (Cables y conectores)		1						1			2	Baja
Panel de control				1			1			1	3	Baja
Caja de breaker	1					1					2	Baja
Cumaceras								1			1	Baja
Engranajes	1			1						1	3	Baja
Ejes								1			1	Baja
FALLAS MOLINO											37	
Motor	1		1				1				3	Baja
Guías Metálicas		1	1	1		1	1	1			6	Media
Navajas	1	1	1			1	1	1	1	1	8	Alta
Cono	1								1		2	Baja
Canastilla		1						1			2	Baja
Motor (Cables y conectores)			1		1		1			1	4	Baja
Panel de control	1			1		1			1		4	Baja
Caja de breaker		1					1				2	Baja
Cumaceras			1					1			2	Baja

Engranajes	1								1	2	Baja	
Ejes		1							1	2	Baja	
FALLAS COMPACTADORA										73		
Planchas Metálicas	1		1						1	3	Baja	
Soportes Metálicos		1		1			1			1	4	Baja
Guías Metálicas	1	1				1			1	4	Baja	
Cableado Eléctrico	1		1					1	1	4	Baja	
Breaker Eléctrico	1				1		1			1	4	Baja
Conexiones Eléctricas	1				1		1			1	4	Baja
Cumaceras del pistón	1						1			2	Baja	
Engranajes		1							1	2	Baja	
Ejes			1				1			2	Baja	
Mando Hidráulico	1			1			1			1	4	Baja
Mangueras Hidráulicas	1						1	1	1	4	Baja	
Accesorios Hidráulicas	1		1						1	3	Baja	
Llaves de Paso Hidráulica	1			1					1	3	Baja	
Bomba Hidráulica		1	1				1			1	4	Baja
Depósito de Aceite				1	1			1	1	4	Baja	
Cilindro Hidráulico	1				1		1		1	4	Baja	
Filtro de Aceite	1	1					1			3	Baja	
Bandas		1							1	2	Baja	

Cadenas			1				1			2	Baja
Piñones		1							1	2	Baja
Poleas	1									1	Baja
Carrete Alambre de amarre	1		1		1				1	4	Baja
Carrete Suncho de amarre		1		1			1		1	4	Baja
FALLAS TRANSPORTADOR										37	
Moto reductor (caja)	1				1		1		1	4	Baja
Motor paralelo (rodamientos, eje y carcasa)	1						1			2	Baja
Guías de acero		1							1	2	Baja
Cadena			1				1			2	Baja
Piñones	1			1			1		1	4	Baja
ejes	1						1	1	1	4	Baja
Soportes	1		1					1		3	Baja
Mesa	1			1					1	3	Baja
Motor (Cables y conectores)		1	1				1		1	4	Baja
Panel de control			1				1			2	Baja
Caja de breaker		1							1	2	Baja
Cumaceras del reductor	1									1	Baja
Engranajes	1				1					2	Baja
Ejes		1					1			2	Baja
FALLAS SECADORA										27	

Guías de acero		1							1		2	Baja
Soportes			1				1				2	Baja
Mesa	1			1			1			1	4	Baja
Resistencias	1	1	1	1	1	1	1	1		1	9	Alta
Circuitos		1		1		1		1	1	1	6	Media
Panel de control				1				1			2	Baja
Caja de breaker	1					1					2	Baja
FALLAS LINEA DE LLANTAS Y NEUMÁTICOS											76	
Moto reductor (caja)		1		1			1				3	Baja
Motor paralelo (rodamientos, eje y carcasa)	1				1					1	3	Baja
Guías de teflón		1				1		1			3	Baja
Cadena			1						1		2	Baja
Piñones				1						1	2	Baja
Cuchillas	1	1	1	1	1		1	1		1	8	Alta
Soportes	1		1					1		1	4	Baja
Mesa			1			1					2	Baja
Motor (Cables y conectores)		1					1			1	3	Baja
Panel de control			1				1				2	Baja
Caja de breaker		1							1		2	Baja
Cumaceras	1						1			1	3	Baja
Engranajes				1			1				2	Baja
Ejes		1			1				1		3	Baja
Mando Hidráulico											0	Baja
Mangueras			1			1				1	3	Baja

Hidráulicas												
Accesorios Hidráulicas											0	Baja
Llaves de Paso Hidráulica	1			1			1				3	Baja
Bomba Hidráulica		1			1			1		1	4	Baja
Depósito de Aceite			1					1			2	Baja
Cilindro Hidráulico		1				1					2	Baja
Filtro de Aceite	1			1						1	3	Baja
Bandas		1						1			2	Baja
Cadenas			1		1				1		3	Baja
Piñones		1					1				2	Baja
Poleas			1						1		2	Baja
Carrete Alambre de amarre	1				1			1		1	4	Baja
Carrete Suncho de amarre		1				1		1		1	4	Baja
FALLAS CIZALLA											56	
Planchas Metálicas		1			1				1		3	Baja
Soportes Metálicos			1				1				2	Baja
Guías Metálicas	1									1	2	Baja
Cuchillas	1	1		1	1	1	1	1	1		8	Alta
Cableado Eléctrico		1			1			1		1	4	Baja
Breaker Eléctrico	1		1			1					3	Baja
Conexiones Eléctricas		1		1			1			1	4	Baja

Cumaceras del pistón				1			1			2	Baja	
Engranajes	1						1			1	3	Baja
Ejes		1		1			1		1		4	Baja
Mando Hidráulico			1							1	2	Baja
Mangueras Hidráulicas	1		1			1					4	Baja
Accesorios Hidráulicas				1					1		2	Baja
Llaves de Paso Hidráulica	1						1				2	Baja
Bomba Hidráulica		1			1					1	3	Baja
Depósito de Aceite			1							1	2	Baja
Cilindro Hidráulico				1			1			1	3	Baja
Filtro de Aceite	1				1				1		3	Baja

Categoría	Indicador	Rango
Baja		0 A 4
Media		5 A 7
Alta		8 A 10

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 13 toma como base el inventario de máquinas y muestra los resultados de las entrevistas a 7 operadores y 3 mecánicos, las preguntas se basaron en los subgrupos de cada máquina, dando como resultado que la máquina con mayor porcentaje de falla (73%) es la compactadora y la de menor porcentaje (27%) es la secadora.

Los indicadores propuestos parten del análisis descriptivo de un esquema no experimental y de campo, la población que lo conformó fueron los operadores y mecánicos. La información que contiene se recolectó a través de una tabla de Excel como instrumento para realizar las entrevistas, autoadministrado y conformado por ciento diecisiete (117) ítems con una escala tipo numérica que fueron: Baja (0 a 4), Media (5 a

7), Alta (8 a 10). El cuestionario y la escala fueron aprobados por el juicio de la gerente y el área de mantenimiento. La escala escogida surgió de la trazabilidad mensual de eventos o fallas.

7.1.3 Presentación e Interpretación de Gráficos y Resultados.

Resultado del Método de Alfa Cronbach: En la actualidad la empresa presenta un grupo de fallas en la gestión del mantenimiento en equipos tales como trituradora, molino y transportadora. Estas se recopilaron en el formato de listado de equipos y piezas críticas que se diseñó para mostrar el resultado del índice de criticidad de los equipos y partes, como se ve representado en la (Tabla 14).

Tabla 14. Listado de Equipos y Piezas Críticas

		FORMATO LISTADO DE EQUIPOS Y PIEZAS CRÍTICAS						
Gestión del Mantenimiento								Fecha
Observación: Un equipo se considerará crítico si el Índice de Criticidad (IC) es mayor a 26 puntos								
Descripción Equipos o Partes	Frecuencia						Consecuencia	Resultado
	FF	IP	SS	CR	TR	TO		
TRITURADORA								
Moto reductor (caja)	1	1	2	2	2	1	8	Baja
Motor paralelo (rodamientos, eje y carcasa)	2	2	2	2	2	1	18	Baja
Guías de teflón	1	1	2	1	2	1	7	Baja

Cadena	4	4	2	2	2	1	44	Media
Piñones	2	2	2	2	2	1	18	Baja
Navajas	4	4	2	4	3	2	60	Alta
Tolva	1	1	2	2	2	1	8	Baja
Mesa	1	1	2	2	2	1	8	Baja
Motor (Cables y conectores)	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Panel de control	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Caja de breaker	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Cumaceras	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Engranajes	2	2	2	1	2	1	16	Baja
Ejes	2	2	2	1	2	1	16	Baja
MOLINO								
Motor	1	1	2	2	2	1	8	Baja
Guías metálicas	4	4	2	1	2	1	40	Media
Navajas	4	4	2	4	3	2	60	Alta
Cono	1	1	2	2	2	1	8	Baja
Canastilla	1	1	2	2	2	1	8	Baja
Motor (Cables y conectores)	1	1	2	2	2	1	8	Baja
Panel de control	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Caja de breaker	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Cumaceras	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Engranajes	2	2	2	2	2	1	18	Baja
Ejes	2	2	2	2	2	1	18	Baja
COMPACTADORA								
Planchas Metálicas	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Soportes Metálicos	1	1	2	1	2	1	7	Baja

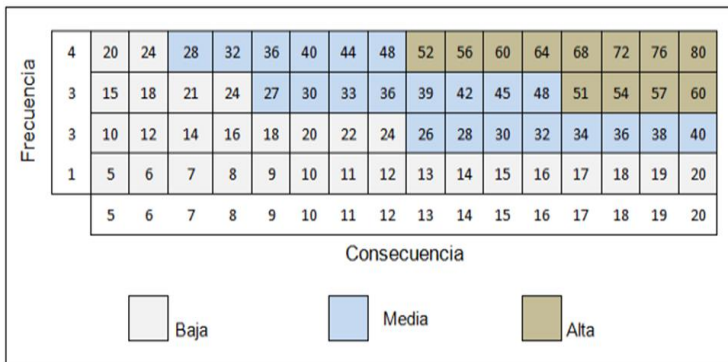
Guías Metálicas	2	2	2	1	2	1	16	Baja
Cableado Eléctrico	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Breaker Eléctrico	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Conexiones Eléctricas	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Cumaceras del pistón	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Engranajes	2	2	2	1	3	1	18	Baja
Ejes	2	2	2	1	2	1	16	Baja
Mando Hidráulico	2	2	2	1	2	1	16	Baja
Mangueras Hidráulicas	2	2	2	1	2	1	16	Baja
Accesorios Hidráulicas	2	2	2	1	2	1	16	Baja
Llaves de Paso Hidráulica	2	2	2	1	2	1	16	Baja
Bomba Hidráulica	1	1	2	3	2	2	10	Baja
Depósito de Aceite	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Cilindro Hidráulico	1	1	2	3	2	2	10	Baja
Filtro de Aceite	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Bandas	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Cadenas	1	1	2	2	2	2	9	Baja
Piñones	1	1	2	2	2	2	9	Baja
Poleas	1	1	2	1	2	2	8	Baja
Carrete Alambre de amarre	1	1	2	1	2	2	8	Baja
Carrete Suncho de amarre	1	1	2	1	2	2	8	Baja
TRANSPORTADOR								
Moto reductor (caja)	1	1	2	2	2	1	8	Baja
Motor paralelo (rodamientos, eje y carcasa)	1	1	2	2	2	1	8	Baja
Guías de acero	2	2	2	1	2	1	16	Baja
Cadena	2	2	2	1	2	2	18	Baja

Piñones	2	2	2	1	2	2	18	Baja
ejes	2	2	2	1	2	2	18	Baja
Soportes	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Mesa	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Motor (Cables y conectores)	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Panel de control	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Caja de breaker	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Cumaceras del reductor	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Engranajes	1	1	2	2	2	1	8	Baja
Ejes	1	1	2	2	2	1	8	Baja
SECADORA								
Guías de acero	2	2	2	1	2	1	16	Baja
Soportes	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Mesa	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Resistencias	4	4	2	4	2	1	52	Alta
Circuitos	4	4	2	2	2	2	48	Medi a
Panel de control	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Caja de breaker	1	1	2	1	2	1	7	Baja
LINEA DE LLANTAS								
Moto reductor (caja)	1	1	2	2	2	1	8	Baja
Motor paralelo (rodamientos, eje y carcasa)	1	1	2	2	2	1	8	Baja
Guías de teflón	2	2	2	1	2	1	16	Baja
Cadena	2	2	2	2	2	2	20	Baja
Piñones	2	2	2	2	2	2	20	Baja
Cuchillas	4	4	2	4	3	2	60	Alta
Soportes	1	1	2	1	2	1	7	Baja

Mesa	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Motor (Cables y conectores)	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Panel de control	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Caja de breaker	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Cumaceras	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Engranajes	1	1	2	1	2	2	8	Baja
Ejes	1	1	2	2	2	2	9	Baja
Mando Hidráulico	2	2	2	2	2	1	18	Baja
Mangueras Hidráulicas	2	2	2	2	2	1	18	Baja
Accesorios Hidráulicas	2	2	2	1	2	1	16	Baja
Llaves de Paso Hidráulica	2	2	2	1	2	1	16	Baja
Bomba Hidráulica	1	1	2	3	2	2	10	Baja
Depósito de Aceite	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Cilindro Hidráulico	2	2	2	3	2	2	22	Baja
Filtro de Aceite	2	2	2	1	2	1	16	Baja
Bandas	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Cadenas	1	1	2	2	2	2	9	Baja
Piñones	1	1	2	2	2	2	9	Baja
Poleas	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Carrete Alambre de amarre	2	2	2	1	2	2	18	Baja
Carrete Suncho de amarre	2	2	2	1	2	2	18	Baja
CIZALLA								
Planchas Metálicas	1	1	2	3	2	2	10	Baja
Soportes Metálicos	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Guías Metálicas	2	2	2	1	2	1	16	Baja
Cuchillas	4	4	2	4	3	2	60	Alta

Cableado Eléctrico	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Breaker Eléctrico	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Conexiones Eléctricas	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Cumaceras del pistón	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Engranajes	2	2	2	2	2	2	20	Baja
Ejes	2	2	2	2	2	2	20	Baja
Mando Hidráulico	2	2	2	2	2	1	18	Baja
Mangueras Hidráulicas	2	2	2	2	2	2	20	Baja
Accesorios Hidráulicas	2	2	2	1	2	1	16	Baja
Llaves de Paso Hidráulica	2	2	2	1	2	1	16	Baja
Bomba Hidráulica	2	2	2	4	2	2	24	Baja
Depósito de Aceite	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Cilindro Hidráulico	2	2	2	3	2	2	22	Baja
Filtro de Aceite	2	2	2	1	2	1	16	Baja

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Gasca, Camargo, & Medina, (2017).

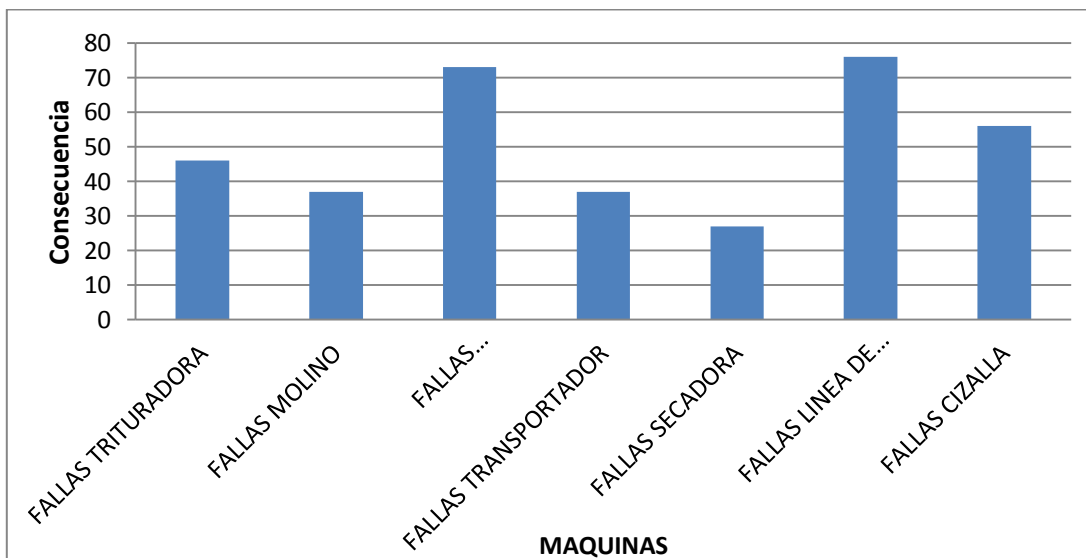
En la Tabla 14 se presentan los resultados aplicados en el instrumento Formato Listado de Equipos y Piezas, en este se aplica el Método de Alfa Cronbach a cada una de las máquina con sus respectivos equipos o partes, también se ve el análisis de la Matriz de Frecuencia vs Consecuencia, la cual nos indica que a mayor frecuencia de eventos,

mayor es la consecuencia de la falla, por ende el resultado puede ser Baja, Media o Alta.

Teniendo en cuenta el resultado podemos disminuir o aumentar las rutinas en el programa de mantenimiento anual.

Asimismo, en la figura 5 se muestra la interpretación y el resultado de las máquinas recicladoras de sólidos y se observan las máquinas con la consecuencia más alta y más baja. Teniendo en cuenta el método de Alfa Cronbach, la máquina con mayor índice de criticidad es la compactadora con 73, y la máquina con menor índice de criticidad es la secadora con 27.

Figura 5. Máquinas recicladoras de sólidos



Fuente: Elaboración propia.

Las máquinas y elementos de la empresa siempre deben estar aceitados y lubricados adecuadamente, ahorrando a la empresa mucho dinero en facturas de reparación; el aceite y la grasa pueden proporcionar un seguro económico contra emisiones de alto valor posteriormente. Este mantenimiento preventivo es absolutamente indispensable para la durabilidad y confiabilidad a largo plazo de los equipos, ya que

aplicando prácticas de mantenimiento sólidas según lo recomendado por el fabricante del equipo, se evitará mucho tiempo de inactividad y costosas reparaciones más adelante.

Afortunadamente, el mantenimiento regular no es necesariamente complicado ya que los equipos vienen con puntos de control de servicio diarios recomendados. Los operarios y mecánicos de Avanti Clar en algunas oportunidades abordan la mayoría de las tareas de mantenimiento simplemente leyendo los manuales de operación y mantenimiento que vienen con los equipos, pero la mayoría de ellos llevan a cabo dicha labor a través del conocimiento que otorga la experiencia adquirida.

Algunas verificaciones de mantenimiento se llevan a cabo al comienzo de los turnos, mientras que otras se completan después de su finalización, lo anterior ha garantizado que la mayoría de las opciones que catalogan la presencia de fallas en los equipos sea baja o media, y en muy pocos casos, alta.

Los operadores y mecánicos limpian cualquier residuo en las máquinas y verifican otras acciones para asegurarse de que no se hayan producido fugas durante la jornada laboral. Si se encuentran daños en los vehículos una vez que finalizan los turnos, se deben asegurar de informar a los técnicos para la respectiva reparación. Ignorar los daños solo aumentará las probabilidades de que una máquina necesite reparaciones más costosas en el futuro.

Tiempos perdidos en las máquinas: El tiempo perdido en la utilización eficaz de los activos de fabricación es un paso esencial en los procesos de mantenimiento. La empresa proporciona todas las herramientas para capturar y registrar la información de la máquina, la cual es necesaria para comprender completamente y mejorar la productividad de manera apreciable. La demanda para aumentar la eficiencia de la producción ha resultado en el suministro de muchos sistemas que están basados en mejorar los procesos y procedimientos del plan de mantenimiento preventivo.

Tabla 15. *Tiempos perdidos de las máquinas*

CAUSA	DURACIÓN PARADA	% RELATIVO
	Tiempos (h) Semana	Porcentaje (%) Semana
TRITURADORA	16	13,79%
Moto reductor (caja)	4	3,45%
Motor paralelo (rodamientos, eje y carcasa)	0	0,00%
Guías de teflón	4	3,45%
Cadena	0	0,00%
Piñones	0	0,00%
Navajas	0	0,00%
Tolva	4	3,45%
Mesa	0	0,00%
Motor (Cables y conectores)	4	3,45%
Panel de control	0	0,00%
Caja de breaker	0	0,00%
Cumaceras	0	0,00%
Engranajes	0	0,00%
Ejes	0	0,00%
MOLINO	20	17,24%
Motor	0	0,00%
Guías metálicas	4	3,45%
Navajas	0	0,00%
Cono	4	3,45%
Canastilla	4	3,45%
Motor (Cables y conectores)	4	3,45%
Panel de control	4	3,45%
Caja de breaker	0	0,00%
Cumaceras	0	0,00%
Engranajes	0	0,00%
Ejes	0	0,00%
COMPACTADORA	12	10,34%
Planchas Metálicas	0	0,00%
Soportes Metálicos	0	0,00%
Guías Metálicas	4	3,45%
Cableado Eléctrico	0	0,00%
Breaker Eléctrico	0	0,00%
Conexiones Eléctricas	0	0,00%
Cumaceras del pistón	0	0,00%
Engranajes	0	0,00%
Ejes	0	0,00%
Mando Hidráulico	0	0,00%

Mangueras Hidráulicas	0	0,00%
Accesorios Hidráulicas	0	0,00%
Llaves de Paso Hidráulica	0	0,00%
Bomba Hidráulica	0	0,00%
Depósito de Aceite	0	0,00%
Cilindro Hidráulico	0	0,00%
Filtro de Aceite	0	0,00%
Bandas	0	0,00%
Cadenas	0	0,00%
Piñones	0	0,00%
Poleas	0	0,00%
Carrete Alambre de amarre	4	3,45%
Carrete Suncho de amarre	4	3,45%
TRANSPORTADOR	16	13,79%
Moto reductor (caja)	4	3,45%
Motor paralelo (rodamientos, eje y carcasa)	0	0,00%
Guías de acero	0	0,00%
Cadena	0	0,00%
Piñones	4	3,45%
ejes	0	0,00%
Soportes	4	3,45%
Mesa	0	0,00%
Motor (Cables y conectores)	0	0,00%
Panel de control	0	0,00%
Caja de breaker	0	0,00%
Cumaceras del reductor	0	0,00%
Engranajes	0	0,00%
Ejes	4	3,45%
SECADORA	12	10,34%
Guías de acero	4	3,45%
Soportes	0	0,00%
Mesa	0	0,00%
Resistencias	4	3,45%
Circuitos	4	3,45%
Panel de control	0	0,00%
Caja de breaker	0	0,00%
LINEA DE LLANTAS Y NEUMATICOS	24	20,69%
Moto reductor (caja)	0	0,00%
Motor paralelo (rodamientos, eje y carcasa)	0	0,00%
Guías de teflón	4	3,45%
Cadena	0	0,00%
Piñones	0	0,00%
Cuchillas	0	0,00%
Soportes	0	0,00%

Mesa	0	0,00%
Motor (Cables y conectores)	0	0,00%
Panel de control	0	0,00%
Caja de breaker	0	0,00%
Cumaceras	0	0,00%
Engranajes	4	3,45%
Ejes	0	0,00%
Mando Hidráulico	0	0,00%
Mangueras Hidráulicas	4	3,45%
Accesorios Hidráulicas	0	0,00%
Llaves de Paso Hidráulica	0	0,00%
Bomba Hidráulica	0	0,00%
Depósito de Aceite	0	0,00%
Cilindro Hidráulico	0	0,00%
Filtro de Aceite	0	0,00%
Bandas	4	3,45%
Cadenas	0	0,00%
Piñones	0	0,00%
Poleas	0	0,00%
Carrete Alambre de amarre	4	3,45%
Carrete Suncho de amarre	4	3,45%
CIZALLA	16	13,79%
Planchas Metálicas	0	0,00%
Soportes Metálicos	0	0,00%
Guías Metálicas	4	3,45%
Cuchillas	0	0,00%
Cableado Eléctrico	0	0,00%
Breaker Eléctrico	0	0,00%
Conexiones Eléctricas	0	0,00%
Cumaceras del pistón	4	3,45%
Engranajes	0	0,00%
Ejes	0	0,00%
Mando Hidráulico	0	0,00%
Mangueras Hidráulicas	0	0,00%
Accesorios Hidráulicas	4	3,45%
Llaves de Paso Hidráulica	0	0,00%
Bomba Hidráulica	0	0,00%
Depósito de Aceite	4	3,45%
Cilindro Hidráulico	0	0,00%
Filtro de Aceite	0	0,00%
TOTAL	116,00	100,00%

Tiempos (h) perdidos por Mantenimiento	116	19,33%
--	-----	--------

Tiempos (h) Mecánicos y Operadores	484	80,67%
TOTAL TIEMPO DE LA OPERACIÓN	600	100%

	0 a 30
	31 a 55
	56 a 85
	85 a 100

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se registran los tiempos perdidos en el periodo de una semana. Teniendo en cuenta que el tiempo del mantenimiento es de 600 horas, se identifica una pérdida de tiempo en mantenimiento de 116 horas, dando como resultado una eficiencia del mantenimiento operativo del 80.67% (Ver Tabla 15).

Tabla 16. Consolidado tiempos perdidos Vs causas

EQUIPO	TIEMPO (h)	% RELATIVO
TRITURADORA	16	13,79%
MOLINO	20	17,24%
COMPACTADORA	12	10,34%
TRANSPORTADOR	16	13,79%
SECADORA	12	10,34%
LINEA DE LLANTAS Y NEUMATICOS	24	20,69%
CIZALLA	16	13,79%
TOTAL	116	100,00%

Fuente: Elaboración propia.

Con base en los resultados de la tabla 16, a continuación se lleva a cabo un consolidado de tiempos perdidos frente a cada uno de los equipos, para denotar en forma general los tiempos y sus porcentajes.

Se puede establecer que a mayor tiempo perdido de las maquinas, menor es el tiempo de la operación, esto genera sobre costo en la operación teniendo como consecuencia el aumento de horas hombre invertidas y más tiempo de parada de las máquinas.

La máquina que generó un mayor tiempo perdido fue la línea de llantas y neumáticos, con 24 horas perdidas a la semana y un porcentaje relativo de 20,69% con respecto al 100%, y las máquinas que generaron un menor tiempo perdido fueron la compactadora y la secadora, con 12 horas perdidas a la semana cada una y un porcentaje relativo de 10.34% con respecto al 100%.

Se cataloga que el tiempo de mantenimiento por cada una de las máquinas oscila entre 2 días y una semana, dependiendo de la complejidad del daño, que puede ser por atascamiento de metales o plásticos o por el deterioro o pérdida de algún repuesto, en el último caso el tiempo de reparación dependerá de que el repuesto se encuentre en el mercado local o deba ser importado, lo que implica una disminución de los procesos productivos.

7.2 Análisis de Resultados

7.2.1 Identificación de la Criticidad de la Máquina Compactadora.

El análisis de resultado aplicado a la oportunidad de mejora en la máquina compactadora de la planta de Avanti Clar, muestra los eventos con su respectiva Frecuencia (1, 2, 3 y 4) siendo 4 la mayor, la Consecuencia y el Riesgo de falla asociado (Alto, Medio o Bajo).

La Consecuencia muestra el orden en el cual se deben jerarquizar los equipos y partes, dándole más prioridad a los de Frecuencia alta para que así estos eventos tengan un orden de criticidad e impacto específico en el plan de mantenimiento preventivo. Todo esto ayuda a proyectar o enfocar mejor los esfuerzos y atacar los eventos que realmente afectan la operación de las máquinas. En la Tabla 13 la máquina compactadora obtiene una Consecuencia de 73.

En la Tabla 17 se observan las 6 siglas que corresponden las medidas de la variable del coeficiente del índice de criticidad: Frecuencia de Fallas (FF), Impacto en la

Producción (IP), Seguridad y Salud (SS), Costos de Reparación (CR), Tiempo de Reparación (TR), Tiempo de Operación (TO).

Tabla 17. Frecuencia vs Consecuencia de la Compactadora

INDICE DE CRITICIDAD								
Observación: Un equipo se considerará crítico si el Índice de Criticidad (IC) es mayor a 26 puntos								
Descripción Equipo o Parte	Frecuencia						Consecuencia	Resultado
	FF	IP	SS	CR	TR	TO		
COMPACTADORA								
Planchas Metálicas	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Soportes Metálicos	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Guías Metálicas	2	2	2	1	2	1	16	Baja
Cableado Eléctrico	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Breaker Eléctrico	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Conexiones Eléctricas	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Cumaceras del pistón	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Engranajes	2	2	2	1	3	1	18	Baja
Ejes	2	2	2	1	2	1	16	Baja
Mando Hidráulico	2	2	2	1	2	1	16	Baja
Mangueras Hidráulicas	2	2	2	1	2	1	16	Baja
Accesorios Hidráulicas	2	2	2	1	2	1	16	Baja
Llaves de Paso Hidráulica	2	2	2	1	2	1	16	Baja
Bomba Hidráulica	1	1	2	3	2	2	10	Baja
Depósito de Aceite	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Cilindro Hidráulico	1	1	2	3	2	2	10	Baja
Filtro de Aceite	1	1	2	1	2	1	7	Baja
Bandas	1	1	2	1	2	1	7	Baja

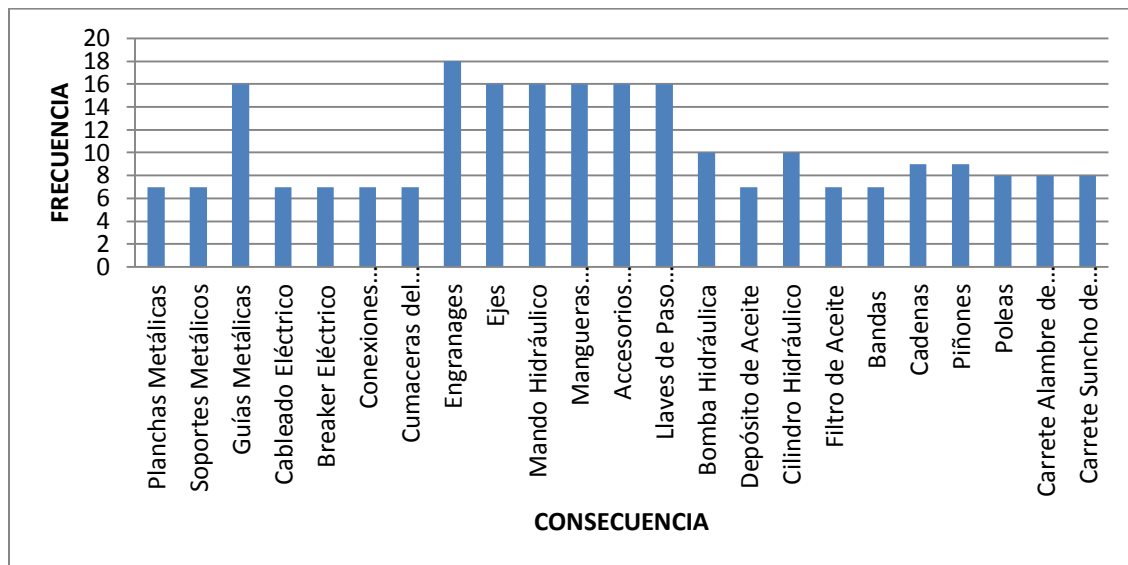
Cadenas	1	1	2	2	2	2	9	Baja
Piñones	1	1	2	2	2	2	9	Baja
Poleas	1	1	2	1	2	2	8	Baja
Carrete Alambre de amarre	1	1	2	1	2	2	8	Baja
Carrete Suncho de amarre	1	1	2	1	2	2	8	Baja

Fuente: Elaboración propia y Gasca, Camargo, & Medina, (2017).

Se observa en los resultados de la Tabla 17 que los engranajes poseen una Frecuencia de (2) y una Consecuencia de (18), es decir, son una parte crítica y pueden fallar. Las bandas poseen una Frecuencia baja (2) y una consecuencia de (7) en total. Esto indica que las dos partes tienen la misma importancia pero poseen una frecuencia vs consecuencia diferente, en ese orden la jerarquía es diferente y la criticidad cambia.

En la figura 6 se muestra el análisis de la Consecuencia y se observan las Frecuencias asociadas a las fallas de los equipos y las piezas, manteniendo una criticidad baja en sus equipos y partes. El 80 de la criticidad está distribuido según los equipos y piezas críticas, de manera que mayor a 51 es Alta, mayor a 26 es Media y mayor a 5 es baja. Además, se puede observar que los piñones, los ejes, las guías y el sistema hidráulico son los eventos que generan la mayoría de paradas en la operación de las máquinas.

Figura 6. Frecuencia vs consecuencia máquina compactadora



Fuente: Elaboración propia.

Los datos necesarios para llevar a cabo el estudio de criticidad de las máquinas se recopilaban a partir de las reuniones planificadas con el grupo de operaciones y mantenimiento de Avanti Clar. Para la realización del análisis de criticidad de la máquina compactadora, se llevó a cabo el método de Alfa Cronbach, el cual identifica la criticidad - Alta, Media o Baja- de las máquinas de la planta. Es importante resaltar que se asumió la planta como un sistema.

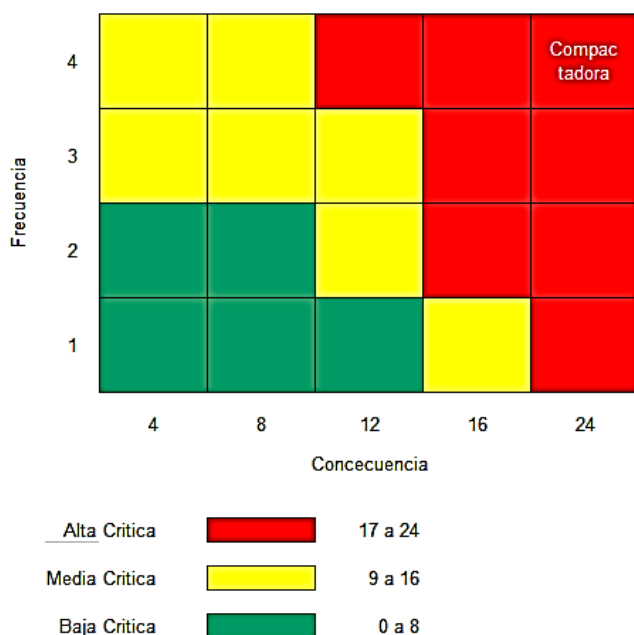
Tabla 18. Jerarquización de la Criticidad de la Compactadora

JERARQUIZACIÓN DE LAS MAQUINAS									
COMPACTADORA									
Descripción Equipo o Parte	Frecuencia vs Consecuencia						Factor de criticidad	Rango de criticidad 0 a 8 baja 9 a 16 medio 17 a 24 alta	Jerarquización
	FF	IP	SS	CR	TR	TO			
Compactadora	3	4	4	2	3	2	18	17 a 24	Alta Critica

Fuente: Elaboración propia.

La máquina evaluada se ubica en la matriz de criticidad como de alta criticidad, ya que presenta Frecuencia vs Consecuencia de cuatro (04) y el Impacto Producción (IP) es alto debido a que genera mayor cantidad de tiempo perdido al requerir mantenimiento correctivo, que es equivalente al factor de riesgo, que obtuvo un valor de dieciocho (18). (Ver Figura 7).

Figura 7. Matriz de Criticidad Compactadora



Fuente: Elaboración propia.

Para el análisis en la matriz de criticidad de la máquina compactadora se tuvieron en cuenta las seis (06) siglas de la frecuencia vs consecuencia. Los resultados de la frecuencia de fallas (FF) y la consecuencia de la falla (CF) se analizaron según el impacto a la operación y los tiempos perdidos por paradas de mantenimiento, generando una jerarquización de acuerdo con su criticidad. De igual forma, se evalúa en la matriz de criticidad con rangos bien precisos Alta Crítica (rojo), Media Crítica (amarillo) y Baja Crítica (verde).

7.2.2 Procesos y Procedimiento para el Mantenimiento Preventivo de la Maquina Compactadora.

Hoja de Vida de Máquinas: Es un documento que ayuda a determinar e identificar las características de la máquina -Fecha de compra, modelo, serie, etc.- y permite almacenar las fechas de los mantenimiento preventivos y los consumibles o repuestos que la maquina requiera. Con los datos almacenados se puede realizar una trazabilidad en el momento que ocurra una falla (Ver Figura 8).


Figura 8. Hoja de Vida

		HOJA DE VIDA DE MAQUINAS	
Gestión de Mantenimiento		Fecha:	
Centro de Trabajo		Responsable	
Tipo de Maquina			
Descripcion de la Maquina			
Tag		Zona	
Infomacion de la Maquina			
Proveedor		Numero de Referencia	
Marca		Tag	
Fecha de Instalacion		Costo Estimado	
informacion de maquina, equipo, parte o repuesto			
Modelo de la Mquina			
No Serie de la Maquina			
Sistemas de Operación y Rangos			
Obserbaciones de la Maquina			
Observaciones del Proveedor			
Fechas de las Ejecuciones			
Fecha	Mantenimiento Preventivo	Fecha	Mantenimiento Correctivo o Urgencia

Fuente: Elaboración propia.

Listado de chequeo de inspecciones semanales: Es el formato analógico para confirmar acciones preventivas y repetitivas que se realizan en las máquinas, ayuda a verificar el estado de los grupos y subgrupos de la máquina. Con la ayuda de este chequeo se puede justificar de una forma puntual que la máquina está cumpliendo con los requisitos mínimos de funcionamiento de sus sistemas -hidráulico, neumático, mecánico y eléctrico- que contiene la lista (Ver Figura 9).

Figura 9. Listado de cheque de inspecciones semana

		LISTA DE CHEQUEO INSPECCIONES SEMANALES						
Gestión del Mantenimiento				Fecha				
OPERADOR:		FIRMA:			MES:			
N°	ZONA	MAQUINA	EQUIPO	CANT	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4
1	Planta	Compactadora	Planchas Metálicas	1				
2			Soportes Metálicos	1				
3			Guías Metálicas	1				
4			Cableado Eléctrico	1				
5			Breaker Eléctrico	1				
6			Conexiones Eléctricas	1				
7			Cumaceras del pistón	1				
8			Engranajes	1				
9			Ejes	1				
10			Mando Hidráulico	1				
11			Mangueras Hidráulicas	1				
12			Accesorios Hidráulicas	1				
13			Llaves de Paso Hidráulica	1				
14			Bomba Hidráulica	1				
15			Depósito de Aceite	1				
16			Cilindro Hidráulico	1				
17			Filtro de Aceite	1				
18			Bandas	1				
19			Cadenas	1				
20			Piñones	1				
21			Poleas	1				
22			Carrete Alambre de amarre	1				
23			Carrete Suncho de amarre	1				

Fuente: Elaboración propia.

Solicitud de servicios de mantenimiento: La solicitud de mantenimiento de equipos, partes o maquinarias se realiza por escrito cuando estas requieren de una reparación urgente, una limpieza por falta o exceso de lubricación o un mantenimiento condicional para la preservación y el buen funcionamiento (Ver Figura 10).


Figura 10. Solicitud de servicios de mantenimiento correctivo

		SOLICITUD DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO	
Gestión del Mantenimiento		Fecha:	
Como se Origino la Falla		Fecha del Reporte	
		Año _____	
		Mes _____	
		Dia _____	
Hora _____			
Datos de Quien Reporta		Tipo de Solicitud	
Nombre _____ Maquina _____ Zona _____		Urgencia _____ Correctiva _____ Preventiva _____	
Daño Reportado			
Falla Equipo <input type="checkbox"/> Falla en Piezas <input type="checkbox"/> Falla Hidraulica <input type="checkbox"/> Corto circuito <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/> Cual? _____		Descripción de la falla	
Quien Recibe		Fecha de Solicitud:	
		Hora de Solicitud:	

Fuente: Elaboración propia.

Cronograma de mantenimiento preventivo: Establece las prioridades de los equipos y partes críticas de las máquinas, define en qué zona y qué rutinas se deben ejecutar periódicamente a lo largo del año. (Ver Figura 11).


Figura 11. Cronograma de mantenimiento preventivo

		PLAN ANUAL DE MANTENIMIENTO																	
		Gestión de Mantenimiento														AÑO		2020	
Zona	Concepto	Rutina	Descripción del Equipo	Tag	Frecuencia	Instructivo	Responsable	Ene	Feb	Mar	Abrl	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
COMPACTADORA																			
Planta	General	Revision-inspe	Planchas Metálicas	PlaCoVe	30	Manual del f	Téc Mito	X			X			X			X		
Planta	General	Revision-inspe	Soportes Metálicos	PlaCoVe	30	Manual del f	Téc Mito	X			X			X			X		
Planta	General	Revision-inspe	Guías Metálicas	PlaCoVe	30	Manual del f	Téc Mito	X			X			X			X		
Planta	General	Revision-inspe	Cableado Eléctrico	PlaCoVe	30	Manual del f	Téc Mito	X			X			X			X		
Planta	General	Revision-inspe	Breaker Eléctrico	PlaCoVe	30	Manual del f	Téc Mito	X			X			X			X		
Planta	General	Revision-inspe	Conexiones Eléctricas	PlaCoVe	30	Manual del f	Téc Mito	X			X			X			X		
Planta	General	Revision-inspe	Cumaceras del piston	PlaCoVe	30	Manual del f	Téc Mito	X			X			X			X		
Planta	General	Revision-inspe	Engranages	PlaCoVe	30	Manual del f	Téc Mito	X			X			X			X		
Planta	General	Revision-inspe	Ejes	PlaCoVe	30	Manual del f	Téc Mito	X			X			X			X		
Planta	General	Revision-inspe	Mando Hidráulico	PlaCoVe	30	Manual del f	Téc Mito	X			X			X			X		
Planta	General	Revision-inspe	Mangueras Hidráulicas	PlaCoVe	30	Manual del f	Téc Mito	X			X			X			X		
Planta	General	Revision-inspe	Accesorios Hidráulicas	PlaCoVe	30	Manual del f	Téc Mito	X			X			X			X		
Planta	General	Revision-inspe	Llaves de Paso Hidráulica	PlaCoVe	30	Manual del f	Téc Mito	X			X			X			X		
Planta	General	Revision-inspe	Bomba Hidráulica	PlaCoVe	30	Manual del f	Téc Mito	X			X			X			X		
Planta	General	Revision-inspe	Depósito de Aceite	PlaCoVe	30	Manual del f	Téc Mito	X			X			X			X		
Planta	General	Revision-inspe	Cilindro Hidráulico	PlaCoVe	30	Manual del f	Téc Mito	X			X			X			X		
Planta	General	Revision-inspe	Filtro de Aceite	PlaCoVe	30	Manual del f	Téc Mito	X			X			X			X		
Planta	General	Revision-inspe	Bandas	PlaCoVe	30	Manual del f	Téc Mito	X			X			X			X		
Planta	General	Revision-inspe	Cadenas	PlaCoVe	30	Manual del f	Téc Mito	X			X			X			X		
Planta	General	Revision-inspe	Piñones	PlaCoVe	30	Manual del f	Téc Mito	X			X			X			X		
Planta	General	Revision-inspe	Poleas	PlaCoVe	30	Manual del f	Téc Mito	X			X			X			X		
Planta	General	Revision-inspe	Carrete Alambre de amarre	PlaCoVe	30	Manual del f	Téc Mito	X			X			X			X		
Planta	General	Revision-inspe	Carrete Suncho de amarre	PlaCoVe	30	Manual del f	Téc Mito	X			X			X			X		

Fuente: Elaboración propia.

Generación de las Órdenes de Trabajo: En el documento se detalla por escrito las instrucciones del trabajo o rutina a realizar. El documento puede generarse dependiendo de la fecha de programación del mantenimiento (Ver Figura 12).

Figura 12. Orden de Trabajo

		ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
Gestión del Mantenimiento		Fecha: _____	
Fecha y hora de Inicio OT _____ Fecha y hora de Finalización OT _____ Tiempo de Ejecución _____		Clase de Mantenimiento Urgencia <input type="checkbox"/> Correctivo <input type="checkbox"/> Preventivo <input type="checkbox"/>	
Zona	Planta <input type="checkbox"/>	Tipo de Solicitud Operación Maquinas <input type="checkbox"/> SST <input type="checkbox"/> Mto Maquinas <input type="checkbox"/>	
Grupo de Mantenimiento Eléctrico <input type="checkbox"/> Mecánico <input type="checkbox"/> Civil <input type="checkbox"/> General <input type="checkbox"/>		Información Requerida Permiso de Trabajo <input type="checkbox"/> Permiso Especial <input type="checkbox"/> Análisis de Riesgo <input type="checkbox"/> Manual de la Máquina <input type="checkbox"/> Instructivo de la Máquina <input type="checkbox"/> Documento de Técnico <input type="checkbox"/>	
Solicitud de Mantenimiento Plan de Mto <input type="checkbox"/> Solicitud de servicio <input type="checkbox"/> Inspección <input type="checkbox"/> Correo electrónico <input type="checkbox"/>		Equipo o Pieza Tag _____ Zona _____	
Ejecuta			
Nombre			
Cargo o Contratista			
Observaciones del Mantenimiento _____ _____ _____			

Fuente: Elaboración propia.

Indicadores: Son valores numéricos producto de ecuaciones simples al momento de ejecutar las rutinas de mantenimiento, los cuales reflejan la situación y la evolución del área de mantenimiento (Ver Figura 13).

Figura 13. Indicadores de mantenimiento

Indicadores de Mantenimiento Compactadora									
Mes	# de mantos Preventivos Realizados	# total de mantos programados	Mantos preventivos / total de mantenimientos %	# Solic. Atendidas	# Solic. Program.	# Solic. Atendidas/# Solic. Program. %	# de mantos correctivos Realizados	# total de mantos programados	Mantos correctivos / total de mantenimientos %
Enero	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Febrero	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Marzo	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Abril	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Mayo	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Junio	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Julio	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Agosto	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Septiembre	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Octubre	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Noviembre	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Diciembre	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Totales	12	12	12	12	12	1	12	12	1

Fuente: Elaboración propia.

8 Plan de Intervención

El plan de intervención estuvo soportado a partir de un PGP -Plan de Gestión de Proyectos- orientado a la Gestión de Mantenimiento –GM-. Cuando se desarrolla un plan de gestión, la información es presentada secuencialmente de acuerdo a las áreas que se conocen y que están establecidas en la guía del PMI -Project Management Institute.

El desarrollo secuencial de las actividades del proyecto (Tabla 19) está enfocado en la propuesta de gestión del plan de mantenimiento preventivo (PMP) y en el conjunto de interacciones que se planifican desde los diferentes roles de mantenimiento y las fases del plan.

Rol mantenimiento predeterminado: Es alinear las actividades del PGP (integración, alcance, tiempo, costos, calidad) con las fases del GM (inventario de equipos, clasificación de las zonas y máquinas, clasificación y jerarquización de los equipos críticos, hoja de vida de equipos críticos y piezas, listado de inspecciones de las maquinas).

Rol mantenimiento condicional: Es alinear las actividades del PGP (RRHH comunicaciones, riesgos, adquisiciones, interesados) con las fases del GM (cronograma de mantenimiento, solicitud de servicios de mantenimiento, generación y ejecución de la orden de trabajo, tiempos perdidos, indicadores).

Tabla 19. *Actividades del PGP*

ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN
Integración	No se hace acta de Constitución. Se dirige a la gestión del mantenimiento según la propuesta y teniendo como base la estructura desglosada del trabajo.
Alcance	Se incluyen los procesos necesarios para garantizar el cumplimiento del proyecto. En ocasiones se presenta durante la ejecución y se generan los cambios en el alcance.

Tiempo	Se hace el estudio del tiempo de cada fase en la planeación del plan de mantenimiento preventivo, dejando listo el desarrollo del proyecto para su ejecución.
Costos	Se hace la estimación del presupuesto después de realizar el estudio de los costos directos e indirectos.
Calidad	Al terminar el proyecto se verifican las condiciones de operación de las máquinas, equipos o partes que intervienen en el plan de mantenimiento preventivo.
RRHH	En los mantenimientos diferidos se presupuesta el equipo necesario y el personal que se necesita para la ejecución del mantenimiento preventivo.
Comunicaciones	Incluye los procesos requeridos para garantizar que la generación, la recopilación, la distribución, el almacenamiento, la recuperación y la disposición final de la información del proyecto sean adecuados y oportunos.
Riesgos	Se hace el análisis de riesgos asociados a la ejecución de actividades que estén estipuladas en la planeación del plan de mantenimiento preventivo y a la vez debe cumplir con todos los riesgos profesionales que implique.
Adquisiciones	Se debe tener alta dependencia para la logística y consecución de los repuestos y así poder dar inicio al programa. Se debe hacer seguimiento al proceso de compras por medio de los que están a cargo.
Interesados	Se identifica y se tiene un registro formal de los procesos necesarios para identificar a las personas.

Fuente: Elaboración propia basado en la Guía PMBOK.

Tabla 20. Fases del PMP

Fases	Descripción
1	Inventario de Equipos
2	Clasificación de las Zonas y Maquinas
3	Clasificación y Jerarquización de los Equipos Críticos
4	Hoja de Vida de Equipos críticos y Piezas
5	Listado de Inspecciones de las Maquinas
6	Cronograma de Mantenimiento
7	Solicitud de Servicios de Mantenimiento
8	Generación y ejecución de la Orden de Trabajo

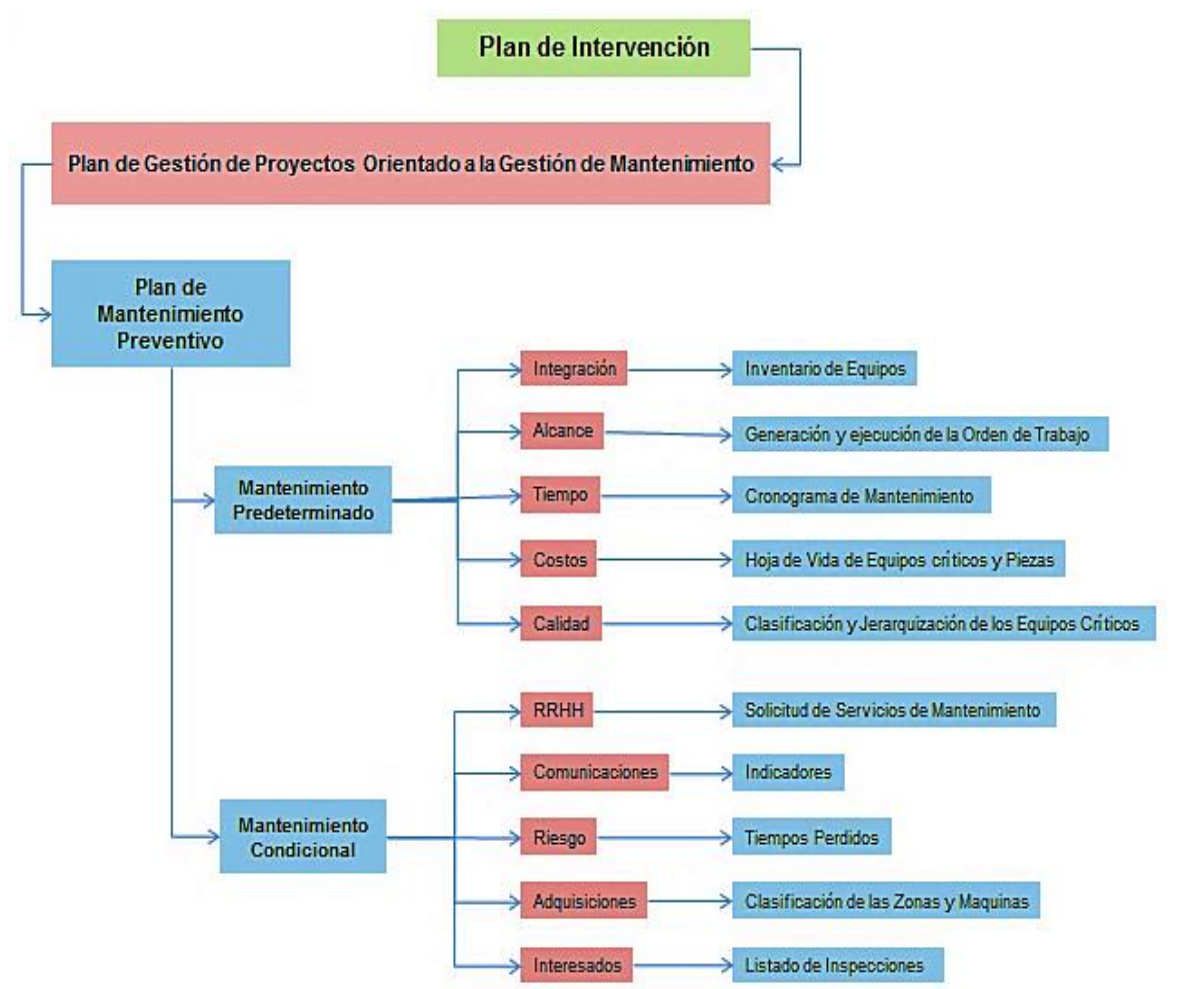
9	Tiempos Perdidos
10	Indicadores

Fuente: Elaboración propia.

En la actualidad la empresa Avanti Clair cuenta con un plan de mantenimiento correctivo con procesos inmediatos o diferidos. Las actividades para prevenir daños en las máquinas son mínimas, ya que el área de mantenimiento o los contratistas generalmente revisan solo cuando una parte, equipo o máquina falla.

A continuación en la figura 14 se establece un esquema que muestra la propuesta para el plan de mantenimiento preventivo.

Figura 14. PGP orientado a la GM



Fuente: Elaboración propia.

8.1 Gestión de la Integración

El Jefe de mantenimiento con su equipo de trabajo de mecánica, electricidad y lubricación deberán estar coordinados para dar apoyo a la operación. El grupo de trabajo debe realizar el inventario de los equipos para planear detalladamente las actividades a llevar a cabo por su área de conocimiento y ejecutar a cabalidad el plan de mantenimiento propuesto, de tal manera que el programa sirva para que la gerencia proceda a presupuestar y autorizar la compra de los insumos, suministros y repuestos de alta complejidad.

8.1.1 Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto.

Los técnicos de mantenimiento de cada especialidad serán los responsables de llevar el registro diario de las actividades ejecutadas, situaciones relevantes, desempeño del equipo de trabajo, etc. Este registro podrá realizarse de la manera en que a cada técnico se le facilite la trazabilidad de las hojas de vida de las máquinas y el resultado mensual de los indicadores, es decir, podrán utilizar una libreta de apuntes, bitácora, talonario de reportes, de tal forma que en las reuniones semanales de seguimiento presenten al Líder del proyecto esta información de la manera más clara, precisa y ajustada a los formatos.

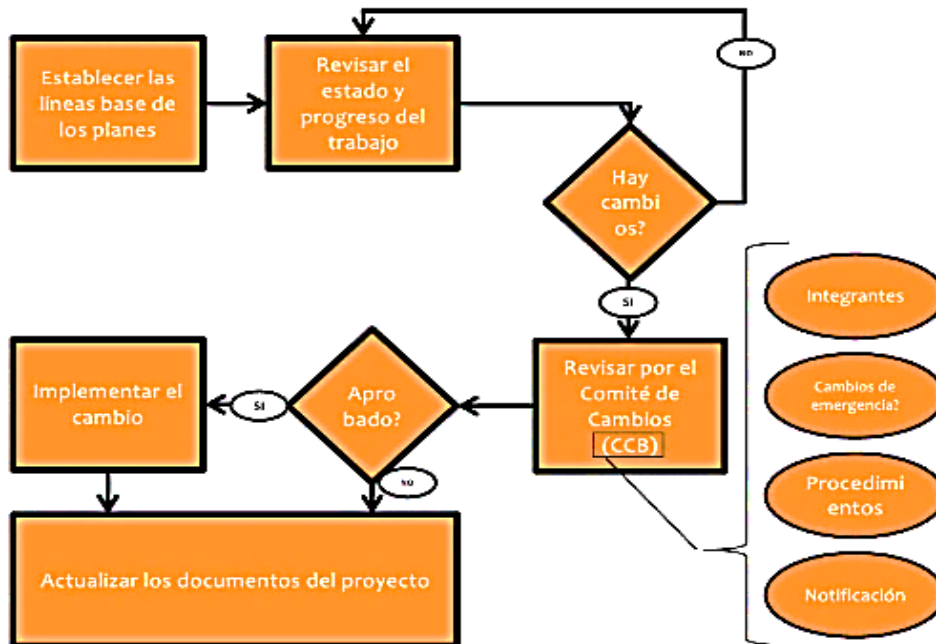
8.1.2 Dirección y Gestión del Proyecto.

Las solicitudes de cambio son recibidas y analizadas por el Gerente del Proyecto y la comisión, estos analizan las propuestas donde se establecen las actividades entre PGP y la GM, y consideran los cambios propuestos frente a lo estipulado en la EDT -Estructura de Desglose de Trabajo- y los requisitos iniciales planteados en el proyecto. Es decir, se revisa la EDT en su conjunto y se identificarán los requisitos iniciales y el grado de cambio

solicitado, para determinar la nueva duración que implicará y el recurso humano necesario para lograr completarlo.

En caso de considerarse favorable la implementación del cambio, este se aprobará por medio de la firma del Administrador del Proyecto.

Figura 15. Esquema de proceso del cambio



Fuente: Elaboración propia basado en la Guía PMBOK.

Los cambios que han sido aprobados se incorporan en la EDT, es decir, se reflejarán mediante la modificación directa en la Estructura de desglose del proyecto. Además, se informará a los responsables de ejecutar las acciones sobre los cambios y su magnitud mediante comunicación escrita.

8.1.3 Cierre del Proyecto.

Transferencia del producto o servicio: Para llevar a cabo el cierre administrativo del proyecto y de los contratos y la firma del entregable final o acta de aceptación final, se establece el siguiente procedimiento:

- Una vez cerrados y firmados todos los entregables del proyecto, el gerente realiza una solicitud de revisión final de entregables y de los acuerdos del proyecto a los miembros del equipo y al comité administrativo del proyecto.
- El equipo de trabajo realiza una verificación final de la aceptación de todos los entregables y de todos sus criterios de aceptación, revisando que no haya quedado nada pendiente.
- El gerente, junto con los demás miembros del área de mantenimiento, revisara uno a uno los procedimientos del plan de mantenimiento.
- Se firma del acta de aceptación final del proyecto y se realiza el informe final por parte del gerente.

8.2 Gestión del Alcance

8.2.1 Plan de Gestión del Alcance.

Descripción de la administración del alcance: El gerente del proyecto debe canalizar todas las iniciativas de alcance, revisarlas y validarlas con el equipo del proyecto. Posteriormente, se da el visto bueno del administrador del proyecto por el cumplimiento de las expectativas y normatividades de las órdenes de trabajo y su ejecución.

Estabilidad del alcance: Todos los cambios deben ser debidamente evaluados. El gerente del Proyecto debe entrar a valorar el impacto que puede generar cualquier cambio y proponer alternativas para mitigarlos. Antes de la aprobación, debe socializarse el cambio con todos los involucrados del proyecto en las reuniones de seguimiento planteadas en el cronograma desde el inicio; esto permitirá que todas las áreas se encuentren alineadas con el alcance y sean conscientes de su rol.

Integración de los cambios del alcance al proyecto: El gerente del Proyecto debe evaluar detalladamente si el cambio propuesto modifica la línea base, en cuyo caso,

debe ser aprobado en conjunto con la empresa. Si no hay afectación en la línea base, el gerente del proyecto será autónomo para aprobar. Luego se procederá a realizar las correspondientes actualizaciones en la línea base y los diferentes planes de ejecución.

8.2.2 Plan de Gestión de Requisitos.

Recopilación: De las reuniones realizadas con la gerencia y el área de mantenimiento:

- Reuniones de entendimiento con la gerencia
- Reuniones de entendimiento con el área de mantenimiento

Priorización: Lo primero es organizar el listado de todos los requerimientos resultantes de la etapa de recopilación con los interesados. Se realizará una clasificación teniendo en cuenta la ubicación del interesado en la Matriz de Poder vs Influencia y se calificará en el siguiente orden:

1. Poder Alto-Influencia Alta.
2. Poder Alto-Influencia Baja.
3. Poder Bajo-Influencia Alta.
4. Poder Bajo-Influencia Baja.

Trazabilidad: A fin de hacer seguimiento a los requisitos, una vez recopilados y priorizados, se plantea incluirlos en una matriz que contiene los siguientes campos:

- Interesado.
- Descripción del requisito.
- Prioridad.
- Código EDT en el cual se encuentra ubicado el requisito.
- Estado actual.
- Fecha.

8.2.3 Definición del Alcance.

Enunciado del alcance del proyecto: Revisión de los actuales indicadores de mantenimiento y propuesta de mejora en la empresa, mediante la utilización de tecnología de punta y métodos de diseño como los programas de mantenimiento.

8.2.4 Creación de la Estructura Desglosada del Trabajo.

Para creación de la EDT del proyecto (Ver numeral 8.1.2.) se llevaron a cabo los siguientes pasos:

- Identificación de las fases en las cuales se va a desarrollar el proyecto
- Búsqueda de la bibliografía
- Revisión bibliográfica
- Metodología de la investigación
- Enfoque cuantitativo
- Población en la empresa Avanti Clar
- Entrevistas
- Metodología para el diseño de los indicadores
- Mejora de los instructivos actuales
- Mejora de los formatos actuales
- Nuevos indicadores de gestión y de resultados:
 - Definición de los entregables para cada una de las fases
 - Descomposición de los entregables en paquetes de trabajo
 - Utilización de herramientas tecnológicas para la construcción adecuada de la EDT

Línea Base del Alcance – Primer paso de la presentación: El presente proyecto se mueve dentro del siguiente alcance: Revisión del actual plan de mantenimiento y propuesta de mejora en la empresa.

El proyecto cuenta con \$250.000 pesos colombianos para ser ejecutados entre Julio de 2020 y Diciembre de 2020. El equipo del proyecto ha definido su desarrollo para el cual presentará los respectivos entregables, a saber:

- Estudio de los diferentes programas de diseño
- Informe histórico de evolución del proyecto
- Diseños actuales y proyección estructural
- Informe de modelos estructurales
- Plan de la actualización de los indicadores
- Mejora del plan de mantenimiento

8.2.5 Validación del Alcance.

El gerente del proyecto tiene definido que al finalizar cada uno de los entregables estos deben ser presentados ante la empresa para la realización de comentarios o correcciones y se proceda posteriormente a la aprobación formal utilizando el formato definido por la empresa y verificando el control de calidad.

8.2.6 Control del Alcance.

Para esta etapa, el gerente del proyecto debe finalmente verificar en detalle que cada uno de los entregables haya cumplido con los términos definidos por la empresa en cada etapa del proyecto. En el entregable se especifica el proceso y el formato utilizado para éste fin. De igual manera, aunque el gerente del Proyecto haya revisado los entregables, existe la posibilidad que el gerente haga observaciones y solicite correcciones, para lo cual debe aplicarse el procedimiento descrito en la gestión del cambio.

8.3 Gestión del Tiempo

8.3.1 Definición de Actividades.

La siguiente es la lista de actividades que serán realizadas durante el proyecto, las cuales serán divididas en etapas según el cronograma de mantenimiento implementado en la gestión de mantenimiento:

- Identificación de problemática: entender completamente la situación actual que atraviesa el área de Mantenimiento
- Entrevista al personal de mantenimiento y operaciones: estudiar minuciosamente los detalles de la operación de las máquinas, definiendo el campo al que se le va a hacer mantenimiento para poder prever condiciones específicas
- Elaboración de modelo: planteamiento del Plan de Mantenimiento Preventivo
- Implementación de la mejora: diseño de mejora a la estructura, sometiendo los diferentes procesos a análisis para implementar el Plan de Mantenimiento Preventivo
- Medición de impacto en la Seguridad y la Salud en el Trabajo: tomar medidas que eviten el mayor impacto

8.3.2 Desarrollo del Cronograma.

Cronograma del proyecto: El Administrador del proyecto será el encargado de controlar, monitorear y dar seguimiento al cronograma del proyecto mediante el control del cronograma, el seguimiento a los avances y el análisis de cumplimiento.

Tabla 21. *Cumplimiento del Proyecto*

Cumplimiento	Categoría	Plan de Respuesta
0-25%	Bajo	Analizar las causas con el área de mantenimiento y definir un plan de acción correctivo
26%-50%	Media	El administrador del proyecto deberá realizar seguimiento continuamente al proyecto y revisar la implementación de medidas correctivas.
>50%	Alta	El Administrador del proyecto acordará con el área de mantenimiento las acciones correctivas a ejecutar y se presentará la solicitud de Cambio.

Fuente: Elaboración propia y la Guía PMBOK.

Calendarios del proyecto: El calendario definido para el proyecto tiene la siguiente configuración:

- Lunes a viernes 7:00 am a 5:00pm
- No se laboran los Sábados, Domingos y Festivos.

8.3.3 Control del Cronograma.

Información de desempeño del trabajo: El desempeño del cronograma se reporta de manera semanal según el procedimiento establecido en las comunicaciones del proyecto y el formato de procesos. A éstas reuniones asisten los implicados del proyecto.

8.3.4 Pronóstico del Cronograma.

Para lograr controlar el cronograma y su avance dentro de las actividades planeadas y durante el tiempo propuesto -lo cual es una de las principales restricciones del proyecto-, se utilizará la metodología del valor ganado de la siguiente manera:

SV = Variación de Cronograma

EV = Valor Ganado

VP = Valor Planificado

SPI = Índice del desempeño del cronograma

Variación de Cronograma

SV=EV-VP

Índice del Desempeño del Cronograma

SPI=EV/VP

En caso de encontrar que el proyecto se encuentra por debajo de la ejecución esperada, se debe reportar en la reunión mensual para que el equipo pueda evaluar si esto puede impactar la línea de costo y poder tomar acciones correctivas a tiempo.

8.3.5 Solicitudes de Cambio.

En caso de ser necesario hacer ajustes, se aplicará el mismo proceso y formato de solicitudes de cambio, especificando la fase y la causa de la baja ejecución.

8.4 Gestión de los Costos

8.4.1 Estimación de los Costos.

Para estimar los costos de las actividades se deben identificar los recursos que se van a requerir -los cuales están determinados por el personal- y registrarlos en las hojas de vida de los equipos al momento de ejecutar el mantenimiento.

Para los servicios externos (contratistas) se debe realizar una solicitud de pedido tomando como referencia otros proyectos similares, datos históricos o cotizaciones de servicios similares. El valor de los consumibles y repuestos se obtiene de los datos históricos o de la información obtenida de cotizaciones pasadas solicitadas al fabricante de las máquinas.

Para el desarrollo de la presente propuesta se realizó una estimación de los costos y recursos de las actividades del proyecto de investigación (ver numeral 8.3.1):

Tabla 22. *Estimación de recursos y costos de las actividades*

ID	Lista de Actividades	Recursos	Costos
1	Búsqueda Bibliográfica	Computador, Internet, Libros en formato impreso	20.000
1.1	Revisión Bibliográfica	Computador, Internet, Libros en formato impreso	20.000
2	Revisión de la literatura Actual	Computador, Internet, Libros en formato impreso	50000
3	Metodología de la Investigación	Computador, Internet	60.000
3.1	Enfoque Cuantitativo	Computador, Impresora, programas de office y estadística, Hojas de papel	30.000

3.2	Población Empresa Avanti Clair	Transportes, minutos de llamada	15.000
3.3	Entrevistas	Transporte, Computador, Impresora, Hojas de papel	15.000
4	Diseño del Plan de Mantenimiento Preventivo	Computador, Impresora, programas de office, Hojas de papel	120.000
4.1	Mejora de los Procesos Actuales		35.000
4.2	Mejora de los Formatos Actuales		35.000
4.3	Nuevos Indicadores de gestión y de Resultado		50.000
Total estimado del Diseño			250.000

Fuente: Elaboración propia.

8.4.2 Determinar el Presupuesto.

El presupuesto se determina consolidando la información y los recursos necesarios para la ejecución, teniendo en cuenta las actividades del proyecto. Este se debe socializar con los técnicos de las áreas especialidad, el administrador del proyecto, y deberá ser aprobado por el gerente del Proyecto.

8.4.3 Control del Costo.

El control del costo tiene como objetivo regular los recursos que estén relacionados con los costos del proyecto, teniendo en cuenta el esfuerzo y dedicación del personal. Ya que los costos de los consumibles y suministros son servicios externos, se pueden considerar como costos fijos del proyecto.

8.5 Gestión de la Calidad

8.5.1 Plan de Gestión de la Calidad.

La calidad del proyecto se gestiona a través de un sistema Integrado bajo las normas internacionales ISO 9001:2015 para Gestión de Calidad, ISO 14001:2015 para Gestión Ambiental, OHSAS 18001:2015 para Seguridad y Salud en el Trabajo e ISO

27001:2008 para Seguridad de la Información. Los activos de la empresa deben de estar clasificados y jerarquizados de acuerdo a la Criticidad y el factor de falla SS -Seguridad y Salud.

Este reto es asumido por el gerente del proyecto y el equipo humano de colaboradores. El factor clave de éxito del Sistema Integrado de Gestión es que está centrado en las personas, esto significa que todas las mejoras que se buscan con esta estrategia están orientadas para el beneficio de la gente que interactúa desde diferentes grupos de interés. El sistema integrado de gestión (SIG) se aplica a través de los siguientes principios:

- **El cliente:** la razón de ser del proyecto es prestar un servicio dirigido a satisfacer a sus clientes. Por lo tanto, es fundamental que se comprendan cuáles son las necesidades actuales y futuras de los clientes, que cumpla con sus requisitos y que se esfuercen por exceder sus expectativas.
- **Liderazgo:** desarrollar una conciencia hacia la calidad implica que la dirección del proyecto sea capaz de generar y mantener un ambiente interno favorable en el cual todos los colaboradores puedan llegar a involucrarse totalmente en el logro de los objetivos del proyecto.
- **Transparencia:** la gestión de los procesos se fundamenta en las actuaciones y las decisiones claras.

8.5.2 Métricas de Calidad.

Las medidas de gestión y control de calidad del proyecto corresponden a las acciones requeridas para garantizar un diseño adecuado, una construcción acorde a los planos y a las especificaciones técnicas aprobadas y un cumplimiento a toda la normativa vigente, como se observa en la tabla 22.

Tabla 23. Métricas de calidad

<p>Diseño</p>	<p>El diseñador debe verificar que el área de mantenimiento vigile el proceso de acuerdo a normatividad legal vigente.</p> <p>Los planes deben ser los más adecuados y a conformidad por parte del gerente del proyecto, dejando constancia de que los Indicadores utilizados corresponden a los señalados en especificaciones técnicas del plan de mantenimiento y cumpliendo con los procesos de la empresa.</p> <p>El Gerente del Proyecto es el encargado de actualizar de manera correcta los indicadores de acuerdo con el nuevo plan.</p> <p>Se debe hacer una revisión periódica de los procedimientos para la implementación correcta y el cumplimiento de lo especificado.</p> <p>Las variaciones en tiempo, costos y alcance, deben ser gestionadas a través de solicitudes de cambio presentadas durante la etapa inicial del proyecto.</p>
<p>Evaluación de satisfacción del cliente</p>	<p>La evaluación de satisfacción del cliente se debe realizar a través de evaluaciones cualitativas del nivel de satisfacción y con la tabla de métricas de calidad definidas vs lo real y aceptado.</p>
<p>Entregables con calidad y a tiempo</p>	<p>Las entregas deben hacerse a satisfacción. Esta actividad se ejecuta dentro del parámetro del máximo número de entregas a satisfacción.</p>
<p>Cumplimientos de la normatividad legal vigente en todas las etapas del proceso</p>	<p>Se debe verificar que se cumplan a cabalidad todas las normas aplicables al proyecto a través de auditorías internas que permitieron hacer las correcciones en la marcha.</p>

Fuente: Elaboración propia basado en la Guía PMBOK.

8.5.3 Control de Calidad.

Medidas de control de calidad: Son las métricas medidas de acuerdo al factor de calidad, teniendo como objetivo la frecuencia al momento de medir la ejecución del proyecto (ver Tabla 23).

Tabla 24. Medidas de control de calidad

FACTOR DE CALIDAD RELEVANTE	OBJETIVO DE CALIDAD	MÉTRICA A UTILIZAR	FRECUENCIA Y MOMENTO DE MEDICIÓN	FRECUENCIA Y MOMENTO DE REPORTE
Ejecución del Proyecto	CPI >= 0.95	CPI= Cost Performance Index Acumulado	<ul style="list-style-type: none"> • Frecuencia, semanal • Medición, viernes en la mañana 	<ul style="list-style-type: none"> • Frecuencia semanal • Reporte, viernes en la tarde
Ejecución del Proyecto	SPI >= 0.95	SPI= Schedule Performance Index Acumulado	<ul style="list-style-type: none"> • Frecuencia, semanal • Medición, viernes en la mañana 	<ul style="list-style-type: none"> • Frecuencia semanal • Reporte, viernes en la tarde
Satisfacción de los Habitantes	Nivel de Satisfacción >= 4.0	Nivel de Satisfacción= Promedio entre 1 a 5 de 14 factores sobre manual y Capacitación.	<ul style="list-style-type: none"> • Frecuencia, una encuesta semanal. • Medición, al día siguiente de la encuesta 	<ul style="list-style-type: none"> • Frecuencia, una vez por semana. • Reporte, al día siguiente de la medición

Fuente: Elaboración propia basado en la Guía PMBOK.

8.6 Gestión de los Recursos Humanos

8.6.1 Plan de Gestión de Recursos Humanos.

Durante este proceso se analizan las necesidades de los recursos humanos del proyecto para situar el número adecuado de personas preparadas y cualificadas en el puesto apropiado y de acuerdo a los requerimientos del momento y los objetivos estratégicos del proyecto. Para tal proceso se debe tener en cuenta la solicitud de servicio -interna o externa-, la cual identifica los puestos, roles, responsabilidades, habilidades y relaciones de comunicación de las personas implicadas, teniéndose en cuenta:

- Plan de Gestión del Proyecto. En este punto está contenida la información sobre el ciclo de vida del proyecto, la planeación de las actividades para cada una de las fases, un plan de gestión de cambios y los métodos de comunicación entre los interesados.
- La estimación de los recursos para cada una de las actividades.
- Factores ambientales en el proyecto como la cultura y organización, el recurso humano y la dispersión geográfica de los integrantes del equipo.

8.6.2 Adquisición del Grupo del Proyecto.

En la tabla 24 se muestra la matriz RACI para la gestión del proyecto, donde se indica la persona responsable de ejecutar la tarea (R), la persona con responsabilidad última sobre la tarea (A), la persona a la que se consulta sobre la tarea (C) y la persona a la que se debe informar sobre la tarea (I).

Los jefes y sus coordinadores, se encargan de todo el tema de contratación, vinculación y formación del personal.

Tabla 25. *Matriz RACI*

Actividad	Gerente del Proyecto	Diseñador de Planos	Diseñador de ensamble y Simulador
Inicio/Planeación	I	R	A
Ejecución	I	R	C
Verificación	I	R	A
Seguimiento	I	R	A
Control y Cierre	I	R	A

Fuente: Elaboración propia basado en la Guía PMBOK.

8.6.3 Desarrollo del Grupo del Proyecto.

Evaluaciones del desempeño del equipo: La medición del desempeño de los trabajadores de la empresa está influenciada por los atributos, comportamientos y resultados relacionados con el trabajo, indicando en qué medida es productivo el empleado. También permite implantar nuevas políticas de compensación y mejora del desempeño, ayuda a tomar decisiones de ascensos o de ubicación, permite determinar si existe la necesidad de volver a capacitar, detecta errores en el diseño del puesto y ayuda a observar si existen problemas personales que afecten a la persona en el desempeño del cargo. Las herramientas de evaluación del desempeño son:

- Observación directa
- Cuestionarios
- Entrevistas
- Listas de chequeo

La evaluación se desarrolla bajo el modelo por objetivos, el cual consiste en comparar los resultados logrados por la persona con los resultados esperados, analizando posteriormente las causas que han podido intervenir en esa diferencia.

Las evaluaciones de desempeño serán realizadas por los jefes y coordinadores de departamento usando el sistema de retroalimentación 360°, donde se pregunta sobre el desempeño de una persona a todos los que trabajan con esta. Estas evaluaciones se realizan con una frecuencia anual y en ellas se establecen compromisos para trabajar las oportunidades de mejora identificadas en la retroalimentación.

8.6.4 Dirigir el Equipo del Proyecto.

Los conflictos que pudieran presentarse entre el personal del proyecto, se trataran a través de reuniones cara a cara con los involucrados directos de manera temprana, oportuna y en privado.

Las acciones disciplinarias se consideran como última instancia y solo serán tomadas cuando las primeras instancias no sean efectivas. Siempre debe primar el diálogo constructivo, el compromiso y la reconciliación.

8.7 Gestión de las Comunicaciones

8.7.1 Plan de Gestión de las Comunicaciones.

Tabla 26. *Matriz de requerimientos de información*

Comunicación	Objetivo	Medio	Frecuencia	Responsable	Aprobador	Audiencia / receptores
Informe sobre avance de las gestiones	Mantener informados al gerente y sponsor del proyecto, sobre las gestiones realizadas por el equipo y el cumplimiento de las metas fijadas. Cumplimiento de cronogramas de actividades y ejecución de presupuesto	Impreso y Digital	Quincenal	Gerente del Proyecto	Gerente de la Empresa	Empresa Avanti Clar
Informe sobre avance de las gestiones	Mantener informados al gerente y sponsor del proyecto, sobre las gestiones realizadas por el equipo y el cumplimiento de las metas fijadas. Cumplimiento de cronogramas de actividades y ejecución de presupuesto	Impreso y Digital	Quincenal	Gerente del Proyecto	Gerente de la Empresa	Empresa Avanti Clar

<p>Informe de Impacto Ambiental</p>	<p>Informar a la autoridad competente sobre los procesos que se están trabajando y demostrar que cumplen con las condiciones de las licencias otorgadas. Informe técnico de los mantenimientos de impacto ecológico y paisajístico. Medidas de protección, recuperación y procedimientos constructivos.</p>	<p>Impreso y Digital</p>	<p>Quincenal</p>	<p>Líder Departamento Técnico</p>	<p>Gerente de la Empresa</p>	<p>Autoridad Nacional de Licencias Ambientales CAM</p>
<p>Informe Cronograma</p>	<p>Mantener informados sobre los avances del cronograma de actividades y aplicación del presupuesto. Cronograma del proyecto con avances a la fecha de corte. Estado de aplicación del Presupuesto asignado. Mediciones de Valor Agregado, valor futuro y revisión de posibles desviaciones del mantenimiento</p>	<p>Impreso y Digital</p>	<p>Semanal</p>	<p>Líder Departamento Técnico</p>	<p>Gerente de la Empresa</p>	<p>Empresa Avanti Clar (Área de Mantenimiento)</p>

Informe Cronograma	Mantener informados sobre los avances del cronograma de actividades y aplicación del presupuesto. Cronograma del proyecto con avances a la fecha de corte. Estado de aplicación del Presupuesto asignado. Mediciones de Valor Agregado, valor futuro y revisión de posibles desviaciones del mantenimiento	Impreso y Digital	Semanal	Líder Departamento Técnico	Gerente de la Empresa	Empresa Avanti Clar (Área de Producción)
Boletín Indicadores	Emitir boletín para informar los principales acontecimientos relacionados con el desarrollo del proyecto. Contenido educativo para que las plantas entiendan el proceso de mejora de los indicadores y aprendan a usarlos	Impreso	Quincenal	Gerente del Proyecto	Gerente de la Empresa	Empresa Avanti Clar

Fuente: Elaboración propia basado en la Guía PMBOK.

8.7.2 Gestión de las Comunicaciones.

Comunicaciones del proyecto: Mensualmente se realizan reuniones de seguimiento con la participación de las diferentes áreas, en las cuales se hace el análisis de los indicadores comparando dos o más datos, teniendo como resultado una medida

cuantitativa o una observación cualitativa del desempeño del proyecto. Posteriormente se presentan informes para discutir aspectos y tomar decisiones para que el proyecto avance o llegue a feliz término.

8.7.3 Control de las Comunicaciones.

Todos los informes y comunicaciones que se generan dentro del proyecto serán controlados por el comité de comunicaciones, el cual es presidido por el Gerente General. Dicho comité se encarga de evaluar que las comunicaciones cumplan con los siguientes atributos definidos previamente:

Nombre de la Comunicación: Nombre que se le haya dado a la comunicación. Específicamente este proyecto maneja Informes y Boletines.

Objetivo de la Comunicación: La comunicación debe cumplir con un fin específico de acuerdo al stakeholder al cual va dirigido. Este es un aspecto fundamental, ya que existe información muy crítica y confidencial en el proyecto, la cual no debe ser filtrada a la opinión pública. En otros casos, solo se debe emitir en respuesta a un ente de control.

Medio de transmisión: Los medios impresos solo se utilizan para divulgar información que puede ser manejada por el público general, pero su tiraje es limitado. Solo se entrega a las poblaciones que se requiere que conozcan información específica con el fin de mejorar su opinión sobre el desempeño del proyecto o lograr influir positivamente en su apoyo.

Frecuencia: Es un factor muy importante ya que influye directamente en el impacto que se genera en los interesados. La frecuencia más corta se utiliza para comunicaciones de seguimiento de desempeño interno y entes de control.

Responsable: Persona encargada de recopilar y revisar que la información cumpla con los parámetros establecidos por la dirección del proyecto. De igual manera, es quien responde por el contenido.

Aprobador: Normalmente es el Gerente General, quién otorga el VoBo final antes de lanzar la comunicación.

Receptor: Stakeholder al cual va dirigida la comunicación.

8.8 Gestión de los Riesgos

8.8.1 Plan de Gestión del Riesgo.

Tabla 27. Gestión del Riesgo

Proceso	Descripción	Herramientas	Fuentes de Información	Roles y Responsabilidades	Fecha de Ejecución
Planificación de Gestión de los Riesgos	Elaborar Plan de Gestión de Riesgo	PMBOK	Sponsor y usuario. PM y equipo del proyecto	Equipo de Riesgo (Líder, miembros): Dirigir y ejecutar actividad	Una vez
Identificación de Riesgos	Identificar que riesgos pueden afectar el proyecto y documentar sus características	Check list de riesgos. Listado de riesgos de compañía	Sponsor y usuario. PM y equipo del proyecto Archivos históricos de proyectos	Equipo de Riesgo (Líder, miembros): Dirigir y ejecutar actividad	Una vez por semana
Análisis Cualitativo de Riesgos	Evaluar probabilidad de impacto. Establecer ranking de importancia	Definición de probabilidad e impacto. Matriz de probabilidad e impacto	Sponsor y usuario. PM y equipo del proyecto	Equipo de Riesgo (Líder, miembros): Dirigir y ejecutar actividad	Una vez por semana
Planificación de las Respuestas de Riesgos	Definir respuesta a riesgos. Planificar ejecución de respuestas.		Sponsor y usuario. PM y equipo del proyecto Archivos históricos de proyectos	Equipo de Riesgo (Líder, miembros): Dirigir y ejecutar actividad	Una vez por semana
Control de Riesgos	Verificar la ocurrencia de riesgos.		Sponsor y usuario. PM y equipo	Equipo de Riesgo (Líder, miembros): Dirigir y ejecutar	Todo el tiempo

	Supervisar y verificar la ejecución de respuestas. Verificar aparición de nuevos riesgos.		del proyecto	actividad	
--	--	--	--------------	-----------	--

Fuente: Elaboración propia basado en la Guía PMBOK.

8.8.2 Identificación del Riesgo.

Tabla 28. Identificación del riesgo

Cód. Riesgo	Descripción del Riesgo	Causa Raíz	Disparadores de Riesgo	Entregables afectados	Estimación de probabilidad	Objetivo afectado	Estimación de impacto	Probab. x impacto	Tipo de riesgo
R001	Modificación del cronograma del proyecto	Solicitud del comité de control de cambios	Conversaciones o consultas informales	Proyecto completo	0.3	Alcance			Bajo
						Tiempo	0.2	0.06	
						Costo			
						Calidad			
						Total Probab. x Impacto		0.06	
R002	Baja satisfacción de los interesados del proyecto	No cumplimiento de los objetivos de calidad	Resultados de encuestas	Proyecto completo	0.3	Alcance			Moderado
						Tiempo			
						Costo	0.1	0.03	
						Calidad	0.5	0.15	
						Total Probab. x Impacto		0.18	
R003	Solicitud de Adicionales no contemplados en el alcance	Identificación de nuevos entregables	Conversaciones o consultas informales. Resultados de las encuestas	Proyecto completo	0.2	Alcance			Muy bajo
						Tiempo	0.1	0.02	
						Costo	0.1	0.02	
						Calidad			
						Total Probab. x Impacto		0.04	
R004	Metodología inadecuada en el	Metodología usada en el	Resultado de encuestas	Proyecto completo	0.1	Alcance			Muy bajo
						Tiempo			

	desarrollo del proyecto	desarrollo del proyecto		to		Costo				
						Calidad	0.3	0.03		
						Total Probab. x Impacto		0.03		
R005	Origen natural de la naturaleza tormentas, vendavales, aumento de mareas	Condiciones ambientales, intensidad propia del fenómeno	Incremento de la temperatura y densidad del mar.	Proyecto completo	0.1	Alcance			Muy bajo	
						Tiempo	0.1	0.01		
						Costo	0.2	0.02		
						Calidad				
						Total Probab. x Impacto		0.03		

Fuente: Elaboración propia basado en la Guía PMBOK.

8.8.3 Planificar la Respuesta a los Riesgos.

Tabla 29. Respuesta del Riesgo

Cód. riesgo	Amenaza/oportunidad	Descripción del riesgo	Causa Raíz	Disparadores de Riesgo	Entregables afectados	Probab. X impacto	Tipo de riesgo	Responsable del riesgo	Respuesta planificada	Tipo de respuesta	Fecha	Plan contingencia
R001	Amenaza	Modificación del cronograma	Solicitud de comité de control de cambios	Conversaciones y consultas informales	Proyecto completo	0.06	Bajo	Contratista	Coordinación continua con los representantes del cliente. Cláusula de flexibilidad en contratos con clientes	Mitigar	Al finalizar cada sesión. A la firma del contrato	Formalización de la solicitud. Evaluación del impacto. Reprogramación del proyecto
R002	Amenaza	Baja satisfacción de los interesados del proyecto	No cumplimiento de los objetivos de calidad	Resultado de encuesta	Proyecto completo	0.18	Moderado	Contratista	Solicitar feedback de los participantes mediante encuestas por cada sesión. Comunicar	Mitigar	Al finalizar cada sesión. Acción continua	Analizar causas, Tomar acciones correctivas, Monitorear resultados

									ión y coordinación informal con representantes del cliente			
R003	Amenaza	Solicitud de adicionales no contemplados en el alcance	Identificación de nuevos entregables	Conversaciones o consultas informales. Resultados de las encuestas	Proyecto completo	0.04	Muy bajo	Contratista	Coordinación continua con los representantes del cliente. Solicitar feedback de los participantes mediante encuesta por cada sesión. Cláusula de flexibilidad en contratos.	Mitigar	Acción continua. Al finalizar cada sesión. A la firma del contrato	Formalización de la solicitud. Evaluación del impacto. Reprogramación del proyecto.
R004	amenaza	Metodología inadecuada en el desarrollo del proyecto	Metodología de desarrollo	Resultado de encuestas	Proyecto completo	0.03	Muy bajo	Contratista	Solicitar feedback de los participantes mediante encuesta x cada sesión. Comunicación y coordinación informal.	Mitigar	Al finalizar cada sesión. Acción continua	Evaluación necesidades. Evaluar impactos contractuales. Tomar acciones correctivas.
R005	amenaza	Origen natural de la naturaleza tormentas, vendavales,	Condiciones ambientales, intensidad propia del fenómeno		Proyecto completo	0.03	Muy bajo	Contratista	Revisión del clima y posibles cambios que se puedan presentar.	Prevenir	Acción continua	Toma de acciones preventivas. Evaluación necesidades. Evaluación del impacto. Reprogram

		umento de mareas							Comunicación y coordinación informal			ación del proyecto
--	--	------------------	--	--	--	--	--	--	--------------------------------------	--	--	--------------------

Fuente: Elaboración propia basado en la Guía PMBOK.

8.8.4 Análisis Cualitativo y Cuantitativo del Riesgo.

Tabla 30. *Matriz de probabilidad e impacto*

Probabilidad	Valor Numérico	Impacto	Valor Numérico
Muy importante	0.1	Muy bajo	0.05
Relativamente probable	0.3	Bajo	0.10
Probable	0.5	Moderado	0.20
Muy probable	0.7	Alto	0.40
Case certero	0.9	Muy alto	0.80

Tipo de Riesgo	Probabilidad x Impacto
Muy alto	Mayor a 0.50
Alto	Menor a 0.50
Moderado	Menor a 0.30
Bajo	Menor a 0.10
Muy bajo	Menor a 0.05

Fuente: Elaboración propia basado en la Guía PMBOK.

8.8.5 Actualizaciones a los Documentos del Proyecto.

Dentro de los análisis y su desarrollo hay que realizar actualizaciones en los documentos del proyecto tales como:

- Clasificación relativa o lista de prioridades de los riesgos del proyecto
- Riesgos agrupados por categorías
- Causas de riesgos o áreas del proyecto que requieren particular atención
- Lista de riesgos que requieren respuesta a corto plazo
- Lista de riesgos que requieren análisis y respuesta adicionales

- Lista de supervisión para riesgos de baja prioridad
- Tendencias en los resultados del análisis cualitativo de riesgos

8.8.6 Información de Desempeño del Trabajo.

A medida que va transcurriendo el proyecto trae consigo la identificación de nuevos riesgos, la reevaluación de los riesgos actuales enunciados en los cuadros anteriores y el cierre de riesgos obsoletos. Estas reevaluaciones se llevaran a cabo en el análisis de tiempos perdidos por fallas.

También se realizarán auditorías a los riesgos ocasionas por las fallas para examinar y documentar la efectividad de respuestas a las medidas correctivas que se tomaron para evitar las fallas y no ocasionar tiempos perdidos, y así poder evaluar los riesgos ya identificados, su causa raíz y el proceder de cada uno de estos. Dicho control del riesgo estará bajo la responsabilidad del Gerente del proyecto, el cual hará revisión en las reuniones periódicas programadas sobre el estado del proyecto y la información de desempeño del trabajo.

8.9 Gestión de las Adquisiciones

8.9.1 Plan de Gestión de Adquisiciones.

Para hacer la gestión de adquisiciones se deben incluir procesos y procedimientos relacionados con la clasificación de las zonas y máquinas, tramitando la adquisición de los productos o servicios que son necesarios para la gestión del mantenimiento. Cada una de las adquisiciones del proyecto debe ser registrada en el formato que se observa en la Tabla 30.

Tabla 31. *Gestión de la adquisición*

Cód.	Ítem	Variable	Unidad	Cantidad
		R		

Cód.	Ítem	Variable	Unidad	Cantidad
		(Demanda anual)		
		C (Costo de Adquisición)		
		K (Porcentaje del costo anual de adquisición)		
		S (costo variable por orden)		
		Q (cantidad fija de orden económica)		
		Plazo de entrega		
		Punto de pedido		

Fuente: Elaboración propia basado en la Guía PMBOK.

Las cantidades fijas de orden de compra, el punto de pedido y el plazo de entrega de cada uno de los insumos serán gestionados con la ayuda del formato de Orden de compra (Tabla 31).

Tabla 32. Orden de compra

Código	ITEM	Q (cantidad fija de orden económica) unidades	Punto de pedido	Plazo de entrega (días)

Fuente: Elaboración propia.

8.9.2 Efectuar las Adquisiciones.

Sistema de pago: De acuerdo a las fechas y requerimientos del proyecto, se realizarán las revisiones y la aprobación de pago a proveedores. Se evaluarán los

posibles retrasos que se puedan presentar en esta materia, sus causas, consecuencias y acciones correctivas.

Administración de reclamaciones: Se gestionarán los incidentes, reclamos, impugnaciones y apelaciones cuando las partes no estén de acuerdo en algún ítem contractual y su respectivo pago. Todos estos reclamos se documentarán, y si no hay acuerdo entre las partes, se deberá acudir a un árbitro para la resolución del conflicto.

8.9.3 Control de Adquisiciones.

El equipo de proyecto llevará un control detallado de las adquisiciones del proyecto, para ello se realizará una evaluación minuciosa, teniendo en cuenta los siguientes lineamientos:

- **Revisión del alcance:** Una vez sea recibido el material suministrado por el proveedor, se revisarán sus especificaciones técnicas de acuerdo a lo establecido en el plan de gestión de las adquisiciones.
- **Calidad:** Para los materiales suministrados se evaluará el cumplimiento de los requerimientos de calidad.
- **Costos:** Se revisará que los costos en los que se incurre para la adquisición de los materiales estén acordes a lo presupuestado y acordado con cada uno de los proveedores en cuestión.
- **Cronograma:** Se revisarán en detalle las fechas de entrega y cumplimiento de cada una de las órdenes preestablecidas en el cronograma anexo al contrato del proveedor.

La revisión de los parámetros anteriores se llevará a cabo mediante inspecciones semanales que serán realizadas en el almacén del proyecto y, de ser requerido, en el almacén del proveedor. A partir de estas revisiones se generarán informes que serán enviados a la dirección del proyecto y al equipo de gestión de adquisiciones con el fin de

evaluar y tomar las acciones correctivas que sean necesarias para la mejora de dificultades e inconsistencias encontradas.

8.9.4 Cierre de las Adquisiciones.

Las adquisiciones del proyecto serán cerradas por paquetes de compra con cada uno de los proveedores, asegurando que los productos entregados cumplan con todos los acuerdos establecidos en el contrato de compra. Si hay reclamaciones en curso con los proveedores, la adquisición no podrá ser cerrada hasta que el reclamo sea gestionado y solucionado.

El cierre de las adquisiciones será formalizado mediante un acta de entrega a satisfacción, en la cual se notificará a los proveedores por escrito de que se ha cerrado la adquisición.

8.10 *Gestión de los Interesados*

8.10.1 Plan de Gestión de los Grupos de Interés.

El análisis de interesados es realizado por el administrador de mantenimiento, el cual realiza inspecciones a las áreas de apoyo del proyecto mediante un juicio de expertos con amplio conocimiento.

A continuación se presentan los diferentes interesados del proyecto con algunas de sus principales características y roles dentro del mismo:

- Avanti Clar: Empresa en donde se ejecuta el proyecto
- Gerente del proyecto: Se encarga de la ejecución del proyecto
- Área de Operaciones: Es la encargada de suministrar la mano de obra no calificada y velar por la calidad del servicio en beneficio propio para las máquinas

- **Área Técnica de Mantenimiento:** Es la encargada de suministrar la mano de obra calificada y velar por la calidad del servicio en beneficio propio para las máquinas

8.10.2 Gestión del Compromiso con los Grupos de Interés.

Las decisiones serán tomadas en reuniones periódicas cuando sean de gran impacto o no dependan del tiempo para su solución. Cuando tengan que ver con un tema específico y sean urgentes son responsabilidad del Gerente del proyecto. Los incidentes se encuentran incluidos dentro de esta instrucción y el tiempo de solución depende del proceso, siendo este el menor posible cuando impacten al cliente. Si es complejo, se debe escalar al mando superior o citar a reunión extraordinaria.

Habilidades interpersonales: Se gestionará el compromiso a través de la generación de confianza, la resolución de conflictos, la escucha activa y la superación de la flexibilidad al cambio.

Habilidades de Gestión: El líder del proyecto debe tener habilidades directivas para coordinar el grupo hacia el cumplimiento de los objetivos, facilitando el consenso, la negociación y la satisfacción de las necesidades.

Reuniones Informativas: Para promover relaciones armónicas y de colaboración con la comunidad se gestionan dos aspectos fundamentales: Una comunicación efectiva, fluida y clara con las comunidades para que ellas conozcan cómo se van a realizar las actividades y su impacto y una relación permanente con las autoridades locales y los líderes de las organizaciones para concertar intereses y acordar expectativas.

Generación de Empleo: Seleccionar y contratar mano de obra del área de influencia directa, con el objeto de vincular de manera activa a la comunidad en el desarrollo de la operación, esto teniendo en cuenta las normas vigentes y los

requerimientos básicos del proyecto, para así cumplir con la expectativa social y con la finalidad de los proyectos en términos técnicos, ambientales y de tiempo de ejecución.

Atención a Comunidades: El objeto es garantizar la atención oportuna de las diferentes inquietudes, inconvenientes, quejas y reclamaciones de autoridades locales, comunidades u otros actores sociales que se presenten durante la ejecución del proyecto, propiciando un ambiente de confianza y una conducta transparente y ética. En el caso de las inquietudes, solo se registrarán aquellas que de alguna manera involucren la viabilidad del proyecto. Con respecto a las quejas y/o reclamaciones, se registrarán todas.

8.10.3 Control del Manejo de los Grupos de Interés.

Información de desempeño del trabajo: Se rastrean las actividades de acuerdo al cronograma de los entregables y se evalúa su cumplimiento. Se deben desarrollar prácticas seguras de trabajo y encaminarse hacia la cultura de la mejora continua de sus procesos y resultados, mediante el compromiso visible de la línea gerencial del proyecto, la asignación de recursos, la promoción del bienestar y el mejoramiento de calidad de vida de los empleados, contratistas y grupos de interés.

Todo empleado de la compañía, sin importar su posición jerárquica, tiene el derecho y la obligación de suspender trabajos en donde se observe que la situación de riesgo e impacto no está controlada o minimizada.

Política corporativa de seguridad física: La seguridad e integridad física de los empleados, contratistas y demás personas involucradas en las operaciones del proyecto es una prioridad, por tanto, se debe proveer un ambiente de trabajo seguro, informar de los riesgos potenciales en el área específica de trabajo y fomentar una adecuada conciencia de auto cuidado y habilidad de observación a nivel personal y corporativo.

Política corporativa conflicto de intereses y transparencia: Todos los empleados que actúen en representación del proyecto están libres de conflictos de intereses que puedan influenciar negativamente su juicio, objetividad o lealtad.

Los empleados pueden tener negocios u otras actividades legítimas adicionales a su trabajo con el proyecto, pero si dichas actividades adicionales inciden en su disponibilidad y desempeño con sus labores al interior de la empresa o generan vínculos comerciales o compromisos adicionales con la compañía que ocasionen posibles conflictos de intereses, dicha actividad debe ser informada a los directivos del proyecto.

9 Conclusiones

- En la revisión de la información del diagnóstico organizacional se identifica la problemática de la falta de logística y operación, las cuales ayudan a mejorar los procesos internos de la empresa
- En el análisis se comprobó la falta de información documental del mantenimiento de las máquinas y ha sido una de las dificultades encontradas para la identificación y jerarquización de los equipos y partes,
- El análisis de criticidad se determinó según el método de Alfa Cronbach, el cual mide el coeficiente de índice de criticidad de las partes, equipos y máquinas, teniendo en cuenta los criterios de falla, los cuales fueron analizados en cada uno de los subgrupos de las máquinas, llevando a considerar las consecuencias de los eventos y la jerarquización en la programación del mantenimiento preventivo.
- En el diagnóstico se observó que se debe mejorar la forma de llevar los registros de la información, permitiéndole a la gerencia verificar la trazabilidad de las actividades ejecutadas, y así, poder generar los indicadores de mantenimiento.
- Todas las fallas se deben registrar en la hoja de vida para que los procesos y procedimientos se han más eficientes a la hora de realizar una planificación asertiva del cronograma de mantenimiento.
- En la recopilación y análisis de los datos se observó la falta de los conocimientos básicos de la gestión de mantenimiento, los cuales son un factor importante y fundamental a la hora de implementar el Plan de Mantenimiento Preventivo
- La oportunidad de mejora en los tiempos perdidos en el momento de una falla o evento, se pueden minimizar realizando la programación de inspecciones, permitiendo llevar una trazabilidad del porqué se presentaron.

- Cabe reseñar la conveniencia de implementar un plan de intervención que este soportado en la gestión de proyectos y este orientado con la gestión de mantenimiento.
- Por último, se ha podido constatar que los eventos generados por las posibles fallas en los diferentes grupos y subgrupos, es por la falta de insumos y suministros, generando cuellos de botella en la operación y en la ejecución del mantenimiento preventivo.

10 Recomendaciones

- Implementar la propuesta del Plan de Mantenimiento Preventivo para mejorar la logística y la operación, aumentando la vida útil de las máquinas y teniendo una mayor disponibilidad de la operación a un menor costo de mantenimiento.
- Mantener los grupos de trabajo que están compuestos por los operadores y los mecánicos, el grupo de la gerencia, los técnicos de mantenimientos y el jefe de mantenimiento, aplicando los procesos de acuerdo a la metodología programada y dándole una mayor confiabilidad a la operación y al mantenimiento. Todo esto con el fin de reducir los eventos de fallas que se presentan repetitivamente en las máquinas, y por consiguiente, los altos costos que ocasiona el mantenimiento correctivo y las urgencias.
- Aplicar el método de Alfa Cronbach en los eventos de falla que sean reiterativos para definir la criticidad de los equipos y partes, a fin de disminuirlas o eliminarlas. Cuando se minimizan las frecuencias de falla, se minimizan las consecuencias, amortiguando el alto impacto en mantenimiento y en la rentabilidad de la operación.
- Se debe conformar un grupo que controle la calidad de los procesos y vele por la integridad de las máquinas y los detalles técnicos de los equipos, piezas, repuestos y suministros, para disminuir los eventos de falla y el deterioro de los sistemas.
- Llevar un registro de inspección de los equipos y piezas para controlar su vida útil y el tiempo de uso y tener una mejor trazabilidad y una mayor confiabilidad de las máquinas. Este proceso ayuda a tener mayor agilidad a la hora de tener una falla ya que se le puede dar respuesta rápida al tener un registro previo de la misma,

identificando qué repuesto se usó, qué contratista ejecutó la corrección o cuál fue el mantenimiento preventivo realizado.

- Llevar a cabo la propuesta para así aumentar la vida útil de los equipos, la confiabilidad y la disponibilidad operativa de las máquinas
- Realizar un estudio de las rutinas y actividades de los operadores de las máquinas y los mecánicos de mantenimiento teniendo en cuenta que el valor agregado debe aumentar para mejorar las eficiencias de la operación y del mantenimiento.

11 Referencias

- Aguilera, L. H., Imbaquingo, J., & Mideros, D. (2017). Diseño e Elaboración de una máquina recicladora de botellas plásticas por corte, controlada automáticamente. Scielo, Enfoque UTE vol.8 no.5 Quito oct./dic. 2017.
- Álvarez, G. (2004) Tangara. Obtenido de <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2004/112490.pdf>
- Arango, J. M. (2015). *La sostenibilidad y las cadenas de valor: una mirada desde las condiciones laborales en Colombia*. Medellín: Encuentro Internacional de Investigadores en Administración - Universidad Externado de Colombia - Universidad del Valle - Universidad Cooperativa de Colombia Sede Medellín.
- Arias, B. L., Rivas, T. E., & Vega, S. C. (2014). Integral recycling center involving alternative sources of energy Research http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-81602014000200007#fig2
- Beltrán, Jesús. (2000). Indicadores de gestión. Herramientas para lograr la competitividad. Global Ediciones, Colombia.
- Cansino, E. (2015). *Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo y seguridad industrial para la fábrica Minerosa*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Cárcel Carrasco, J. (2014). La gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial: Investigación sobre la incidencia en sus actividades estratégicas. *OmniaScience Monographs*.
- Carrillo, M. e. (2020). *Sostenibilidad en la cadena de valor - Informe del Laboratorio Empresarial CESA*. Bogotá: CESA - CEGC- GRI - ICGC.
- Castela, F. (2017). *Mantenimiento preventivo Planificado*. Obtenido de: <https://mantenimientoindustrialweb.wordpress.com/2017/07/04/mantenimiento-preventivo-planificado/>
- Cómo vamos Cartagena. (09 de Agosto de 2018). *Resultados del informe calida de vida 2017*. Obtenido de <https://www.cartagenacomovamos.org/nuevo/resultados-del-informe-calidad-de-vida-2017/>

- Congreso Colombiano de Seguridad. (2020). *Guía del sistema de Seguridad, Salud en el Trabajo y Ambiente para contratistas RUC*. Bogotá: CCS.
- Contreras, M. (2011). Antecedentes de investigación. Recuperado de educapuntos.blogspot.com/2011/04/antecedentes-de-la-investigacion.html
- Daen, S. T. (2011). Tipos de investigación científica. *Revista Bolivianas, Rev. Act. Clin. Med* v.12 La Paz sep. 2011.
- Darrell, A. (08 de Febrero de 2016). *Identificación y mantenimiento de equipos críticos*. Obtenido de WBDG: <https://www.wbdg.org/resources/critical-equipment-identification-and-maintenance>
- Dávila B. J. (2012). La Guía PMBOK. Obtenido de <https://uacm123.weebly.com/historia.html>
- Fernández, M. y Shkiliova, L. (2012). Validación de un método para el cálculo de indicadores de mantenimiento. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93223755012>
- Fuentes, F. E. (2015). *Identificación de Sistemas de Gestión para mantenimiento industrial*.
- Garg, A., & Deshmukh, S. G. (2006). Maintenance management: Literature review and directions. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. <https://doi.org/10.1108/13552510610685075>
- Gasca, M., Camargo, L., & Medina, B. (2017). Sistema para Evaluar la Confiabilidad de Equipos Críticos en el Sector Industrial. *Scielo, Inf. tecnol.* vol.28 no.4 La Serena 2017.
- Giraldo, O. V. (2014). Prospectiva metodológica para el mantenimiento preventivo. *Ingenium. Revista de la facultad de ingeniería*, 15(30), 23.
- Hundertmark, T. Prieto, M. Ryba, A. Simons, T. J., & Wallach. J. (20 de Diciembre de 2019). Accelerating plastic recovery in the United States. Recuperado el 27 de 11 de 2020, de Mckinsey & Company: <https://www.mckinsey.com/industries/chemicals/our-insights/accelerating-plastic-recovery-in-the-united-states>
- Integra Markets. (2017). *Gestión y Planificación del Mantenimiento Industrial*. Lima: Library Español.
- Karanovic, V. M. (2018). Beneficios del análisis de aceite lubricante para el apoyo a las presiones de mantenimiento: un caso de estudio. *Serie de conferencias IOP Ciencia e Ingeniería de Materiales*, 393(1).

- Lezama, J. (2007) Universidad "Gran Mariscal de Ayacucho". Obtenido de <https://trabajodegradoya.files.wordpress.com/2017/02/ugma-5-tg-de-gerencia-de-mantenimiento-3-johana-lezama-1.pdf>
- Loubry M. (2017). Crecimiento y recuperación de materiales plásticos para 2020. Obtenido de <https://www.lactualitechimique.org/IMG/pdf/2017-422-423-oct.-nov.-p20-loubry-hd.pdf?8047/d130444920079a25a5858baf45f051cf039fabc4>
- Mejía, L. U. (2016). Análisis del mantenimiento correctivo en un sistema productivo de etiquetas termo-encogibles, por medio de cadenas de Markov. *Revista de Ingeniería matemáticas y ciencias de la información*, 3(6), 21-28.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. (2020). *Plan de acción institucional Corpoguajira 2020-2023*. Guajira: Asamblea Corporativa CORPOGUAJIRA.
- Muñoz, B. (2010) Universidad Carlos III de Madrid. Obtenido de <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/teoria-de-maquinas/lecturas/MantenimientoIndustrial.pdf>
- Murillo, W. (2008). La investigación científica. Consultado el 11 de Julio de 2020 de <http://www.monografias.com/trabajos15/invest-cientifica/investcientifica.shtm>
- Olarte, W. A. (2010). Técnicas de mantenimiento predictivo utilizadas en la industria. *Scientia Et Technica*, XVI(45), 223-226.
- Palacio, P. (2008) Repository Eafit. Obtenido de http://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/4432/Pablo_AngelPalacio_2008.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Parra, C. C. (2015). *Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada en la gestión de activos. Desarrollo y aplicación práctica de un modelo de gestión de mantenimiento*. Sevilla-España: INGEMAN.
- Pen, C. S. (2016). Intervalo de mantenimiento de rutina y desempeño de mantenimiento: una revisión literario. *MATEC Web of Conferences*.
- Pintelon, L. M., & Gelders, L. F. (1992). Maintenance management decision making. *European Journal of Operational Research*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/037722179290062E?via%3Dihub>

- Prada Cadavid, Á. (2015). Derivados del Petróleo: marco institucional y legal colombiano. *Revista de Derecho Público*, 34, pp.1-24.
- Project Management Institute, Inc. (2013). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (guía del PMBOK®) - Quinta Edición*.
- PMI. Project Management Institute, Inc. (2013) *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Guía del PMBOK*. Newtown Square, Pensilvania (5)19073-3299 EE.UU.
- Rivera Bolívar, F. (2017). Enfoque para la integración de sistemas de gestión en empresas de servicios del sector de los Derivados del Petróleo. *SIGNOS - Investigación en sistemas de gestión*, 7(1), p.127.
- Rodriguez, R. D. (2018). 400 mil toneladas de residuos son desechados al año en cartagen. *El Heraldo*, pags. 10-19.
- Sabino, Carlos (1992) *El Proceso de Investigación*. Obtenido de https://metodoinvestigacion.files.wordpress.com/2008/02/el-proceso-de-investigacion_carlos-sabino.pdf.
- Tamayo, M. & T. (1995). *El proceso de la investigación científica*. Obtenido de <https://clea.edu.mx/biblioteca/Tamayo%20Mario%20-%20El%20Proceso%20De%20La%20Investigacion%20Cientifica.pdf>
- Vellorín, C. (2017). Venezuela's hydrocarbons law—three books, three reviews José Ignacio Hernandez, *El Pensamiento Jurídico Venezolano en el Derecho de los Derivados del Petróleo*, Juan Cristóbal Carmona Borjas, *Derecho y Finanzas. Derivados del Petróleo y Minerales* Cesar Mata García, *Manual de Derecho de los Derivados del Petróleo en Venezuela*. *The Journal of World Energy Law & Business*, 10(5), pp.466-469
- Yilmaz O., K. B. (2017). Diseño de sistema de gestión de desechos peligrosos bajo consideraciones de impacto ambiental y de población. *J. Environ. Manag*, 720-731.
- Yukalang N., C. B. (2017). Barreras para la gestión eficaz de los desechos sólidos municipales en una zona de rápida urbanización en Tailandia. *En t. J. Environ. Res. Salud pública*(14), 1013.

12 Anexos

Anexo A. Inventarios de Máquinas (grupos y subgrupos)

TRITURADORA		
Gestión de Mantenimiento		
ITEMS	GRUPOS	SUBGRUPOS
1	Sistema Mecánico	Moto reductor (caja)
		Motor paralelo (rodamientos, eje y carcasa)
		Guías de teflón
		Cadena
		Piñones
		Navajas
		Tolva
		Mesa
2	Sistema Eléctrico	Motor (Cables y conectores)
		Panel de control
		Caja de breaker
3	Sistema de Lubricación	Cumaceras del reductor
		Engranajes
		Ejes
MOLINO		
Gestión de Mantenimiento		
ITEMS	GRUPOS	SUBGRUPOS
1	Sistema Mecánico	Motor
		Guías metálicas
		Navajas
		Cono
		Canastilla
2	Sistema Eléctrico	Motor (Cables y conectores)
		Panel de control
		Caja de breaker
3	Sistema de Lubricación	Cumaceras del reductor
		Engranajes
		Ejes

COMPACTADORA		
Gestión de Mantenimiento		
ITEMS	GRUPOS	SUBGRUPOS
1	Sistema Mecánico	Planchas Metálicas
		Soportes Metálicos
		Guías Metálicas
2	Sistema Eléctrico	Cableado Eléctrico
		Breaker Eléctrico
		Conexiones Eléctricas
3	Sistema de Lubricación	Cumaceras del pistón
		Engranajes
		Ejes
4	Sistema Hidráulico	Mando Hidráulico
		Mangueras Hidráulicas
		Accesorios Hidráulicas
		Llaves de Paso Hidráulica
5	Sistema de Bombeo Hidráulico	Bomba Hidráulica
		Depósito de Aceite
		Cilindro Hidráulico
		Filtro de Aceite
6	Sistema de Arrastre	Bandas
		Cadenas
		Piñones
		Poleas
7	Sistema de Suncho o Amarres	Alambre de amarre
		Suncho de amarre
TRANSPORTADOR		
Gestión de Mantenimiento		
ITEMS	GRUPOS	SUBGRUPOS
1	Sistema Mecánico	Moto reductor (caja)
		Motor paralelo (rodamientos, eje y carcasa)

		Guías de acero
		Cadena
		Piñones
		ejes
		Soportes
		Mesa
2	Sistema Eléctrico	Motor (Cables y conectores)
		Panel de control
		Caja de breaker
3	Sistema de Lubricación	Cumaceras del reductor
		Engranajes
		Ejes
SECADORA		
Gestión de Mantenimiento		
ITEMS	GRUPOS	SUBGRUPOS
1	Sistema Mecánico	Guías de acero
		Soportes
		Mesa
2	Sistema Eléctrico	Resistencias
		Circuitos
		Panel de control
		Caja de breaker
LINEA DE LLANTAS Y NEUMATICOS		
Gestión de Mantenimiento		
ITEMS	GRUPOS	SUBGRUPOS
1	Sistema Mecánico	Moto reductor (caja)
		Motor paralelo (rodamientos, eje y carcasa)
		Guías de teflón
		Cadena
		Piñones
		Cuchillas
		Soportes
		Mesa
2	Sistema Eléctrico	Motor (Cables y conectores)

		Panel de control
		Caja de breaker
3	Sistema de Lubricación	Cumaceras del reductor
		Engranajes
		Ejes
4	Sistema Hidráulico	Mando Hidráulico
		Mangueras Hidráulicas
		Accesorios Hidráulicas
		Llaves de Paso Hidráulica
5	Sistema de Bombeo Hidráulico	Bomba Hidráulica
		Depósito de Aceite
		Cilindro Hidráulico
		Filtro de Aceite
6	Sistema de Arrastre	Bandas
		Cadenas
		Piñones
		Poleas
7	Sistema de Suncho o Amarres	Alambre de amarre
		Suncho de amarre
CIZALLA		
Gestión de Mantenimiento		
ITEMS	GRUPOS	SUBGRUPOS
1	Sistema Mecánico	Planchas Metálicas
		Soportes Metálicos
		Guías Metálicas
		Cuchillas
2	Sistema Eléctrico	Cableado Eléctrico
		Breaker Eléctrico
		Conexiones Eléctricas
3	Sistema de Lubricación	Cumaceras del pistón
		Engranajes
		Ejes

4	Sistema Hidráulico	Mando Hidráulico
		Mangueras Hidráulicas
		Accesorios Hidráulicas
		Llaves de Paso Hidráulica
5	Sistema de Bombeo Hidráulico	Bomba Hidráulica
		Depósito de Aceite
		Cilindro Hidráulico
		Filtro de Aceite

Fuente: Elaboración propia.