

UNIVERSIDAD TÉCNICO FEDERICO SANTA MARIA

SEDE VIÑA DEL MAR- JOSÉ MIGUEL CARRERA

**DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ENFOCADO A LA
REDUCCIÓN DE ACUMULACIÓN DE RESIDUOS EN UN CENTRO DE
RECICLAJE**

Trabajo titulación para optar al título de la
ingeniería de ejecución en mecánica de
procesos y mantenimiento industrial

Alumno:

Andrés Ignacio Olivari Viveros

Profesor guía

Mg. Ing. Eduardo Vidal Páez

2024

RESUMEN

La implementación de un plan de mantenimiento preventivo en un centro de reciclaje es esencial para asegurar su eficiencia operativa, prolongar la vida útil de los equipos y reducir los costos de reparación y tiempos de inactividad. Esta tesis explora el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo específicamente diseñado para un centro de reciclaje que opera con siete máquinas clave: una chipeadora, una volteadora, un cargador frontal, una criba, una compactadora enfardadora, una mini compactadora estacionaria y una trituradora de voluminosos.

El estudio comienza con una revisión detallada de la literatura sobre mantenimiento preventivo, destacando sus beneficios y las mejores prácticas en la gestión de equipos industriales. A continuación, se realiza un análisis exhaustivo del centro de reciclaje en cuestión, identificando los puntos críticos de mantenimiento para cada una de las máquinas involucradas. Se utilizan metodologías como la Matriz de riesgo y clasificación de equipos según función, tipo de residuo y etapa del proceso para determinar los posibles fallos y sus impactos, lo que permite priorizar las tareas de mantenimiento.

El plan de mantenimiento preventivo propuesto incluye un calendario detallado de inspecciones, limpiezas, lubricaciones y reemplazos de piezas, basado en las recomendaciones de los fabricantes. Además, Se realiza una evaluación tanto económica como medioambiental del plan de mantenimiento, evaluando la factibilidad de el mismo y su impacto.

ÍNDICE

ÍNDICE FIGURAS 6

ÍNDICE TABLA..... 7

SIGLAS Y SIMBOLOGIA..... 9

 SIGLAS 9

INTRODUCCIÓN 10

OBJETIVOS..... 11

CAPÍTULO 1: INFORMACIÓN GENERAL 13

1 INFORMACIÓN GENERAL..... 14

 1.1 HISTORIA DEL MANTENIMIENTO..... 14

1.1.1 Mantenimiento Correctivo..... 14

1.1.2 Mantenimiento Preventivo..... 15

1.1.3 Mantenimiento Predictivo 15

 1.2 CONCEPTOS CLAVE EN GESTIÓN DE RESIDUOS Y RECICLAJE..... 17

 1.3 REGLAMENTO SOBRE MANEJO SANITARIO DE LAS INSTALACIONES DE

 VALORIZACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS 19

 1.4 CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS 21

 1.5 ESTÁNDARES EN MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA CENTROS DE

 RECUPERACIÓN DE RESIDUOS 22

1.5.1 Planificación y Programación..... 22

1.5.2 Registros y Documentación 22

1.5.3 Identificación de Puntos Críticos 22

1.5.4 Inspecciones Regulares 22

1.5.5 Lubricación y Mantenimiento Mecánico..... 22

1.5.6 Calibración y Ajuste 23

1.5.7 Gestión de Residuos de Mantenimiento 23

1.5.8 Evaluación y Mejora Continua 23

CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE PROCESOS E IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS

CRÍTICOS..... 24

2	ANÁLISIS DE PROCESOS E IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS	25
2.1	DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS PROCESOS DEL CENTRO DE RECICLAJE..	25
2.1.1	<i>Punto de compostaje</i>	25
2.1.2	<i>Residuos Varios</i>	27
2.1.3	<i>Residuos Voluminosos</i>	28
2.2	DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS MÁQUINAS DEL CENTRO DE RECUPERACIÓN DE RESIDUOS	30
2.2.1	<i>Chipeadora Bandit Modelo 280XP</i>	30
2.2.2	<i>Volteadora SGF 201 EL</i>	32
2.2.3	<i>Minicargador Frontal Eléctrico G 2200 E.....</i>	33
2.2.4	<i>Criba de Tambor Might II</i>	36
2.2.5	<i>Mini compactador estacionario MSP 700.....</i>	39
2.2.6	<i>Compactadora Enfardadora DIXI 60S/80S.....</i>	42
2.2.7	<i>Trituradora Voluminosos SI6D.....</i>	44
2.3	CLASIFICACIÓN DE EQUIPOS Y COMPONENTES	49
2.3.1	<i>Función.....</i>	49
2.3.2	<i>Tipo de Residuo</i>	50
2.3.3	<i>Etapas del Proceso.....</i>	51
2.3.4	<i>Equipos críticos para la cadena del proceso</i>	52
2.4	IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS MEDIANTE MATRIZ DE RIESGO	53
	CAPÍTULO 3: DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	55
3	DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	56
3.1	DESARROLLO DE PLAN DE MANTENIMIENTO	56
3.2	ANÁLISIS DE PROCESOS Y EQUIPOS.....	57
3.2.1	<i>Listado de equipos críticos.....</i>	57
3.2.2	<i>Listado de mecanismos críticos.....</i>	58
3.3	DEFINICIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	59
3.3.1	<i>Actividades de mantenimiento para Minicargador frontal eléctrico G 2200 E ...</i>	59
3.3.2	<i>Actividades de mantenimiento para Chipeadora Bandit Modelo 280XP.....</i>	60
3.3.3	<i>Actividades de mantenimiento para Volteadora SGF 201 EL.....</i>	60
3.3.4	<i>Actividades de mantenimiento para Criba de Tambor Might II</i>	61

3.3.5 *Actividades de mantenimiento para Compactadora Enfardadora Dixi 60S/80S.* 61

3.3.6 *Actividades de mantenimiento para Mini compactador estacionario MSP 700..* 62

3.3.7 *Actividades de mantenimiento para Trituradora de voluminosos SI6D* 62

3.4 ASIGNACIÓN DE RESPONSABILIDADES 63

3.4.1 *Operadores de maquinaria*..... 63

3.4.2 *Personal adicional* 63

3.4.3 *Estimación total*..... 64

IMPLEMENTACIÓN DE PLAN DE GESTIÓN 65

CAPÍTULO 4: EVALUACIÓN DE IMPACTO ECONÓMICO Y AMBIENTAL 66

4 EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO Y AMBIENTAL 67

4.1 EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO 67

4.1.1 *Cálculo de Costos*..... 67

4.2 IMPACTO AMBIENTAL Y SOSTENIBILIDAD..... 71

4.2.1 *Impactos Ambientales Positivos con un Plan de Mantenimiento Preventivo*..... 71

4.2.2 *Impactos Ambientales Negativos Sin un Plan de Mantenimiento* 73

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 75

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 76

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1-1 Tabla comparativa de tipos de mantenimiento	16
Figura 2-1 Vista aérea planta de compostaje “Punto de compostaje”	25
Figura 2-2 Etapas y Maquinaria del Punto de compostaje	26
Figura 2-3 Vista aérea Planta de compostaje “Zona residuos varios”	27
Figura 2-4 Etapas y Maquinaria de Residuos varios	28
Figura 2-5 Vista aérea Planta de compostaje “Zona residuos voluminosos”	28
Figura 2-6 Etapas y Maquinaria de Residuos Voluminosos	29
Figura 2-7 Diagrama de flujo del Proceso de compostaje	29
Figura 2-8 Chipeadora Bandit Modelo 280XP	30
Figura 2-9 Volteadora SGF 201 EL	32
Figura 2-10 Minicargador Frontal Eléctrico G 2200 E.....	33
Figura 2-11 Criba de Tambor Might II.....	36
Figura 2-12 Dimensiones Criba de Tambor Might II.....	38
Figura 2-13 Mini compactador estacionario MSP 700	39
Figura 2-14 Dimensiones Mini compactador estacionario	41
Figura 2-15 Compactadora enfardadora DIXI 60S/80S	42
Figura 2-16 Dimensiones Compactadora enfardadora	43
Figura 2-17 Trituradora Voluminosos S16D.....	44
Figura 2-18 Cinta transportadora plegable	47
Figura 2-19 Sistema de inclinación tolva basculante.....	47
Figura 2-20 Radio control remoto.....	48
Figura 2-21 Sistema de trituración.....	48
Figura 3-1 Estructura plan de mantenimiento.....	56
Figura 3-2 Listado equipos críticos.....	57
Figura 3-3 Listado mecanismos críticos	58
Figura 3-4 Mapa mental Plan de gestión	65
Figura 4-1 Impacto ambiental positivo versus negativo	74

ÍNDICE TABLA

Tabla 2-1 Especificaciones técnicas Chipeadora 31

Tabla 2-2 Características Chipeadora 31

Tabla 2-3 Especificaciones técnicas Volteadora 32

Tabla 2-4 Características Volteadora..... 33

Tabla 2-5 Especificaciones Técnicas Minicargador Frontal Eléctrico G 2200 E 34

Tabla 2-6 Dimensiones Minicargador frontal 35

Tabla 2-7 Especificaciones técnicas Criba de Tambor Might II..... 37

Tabla 2-8 Especificaciones técnicas Criba de Tambor Might II..... 38

Tabla 2-9 Especificaciones técnicas mini compactador estacionario 40

Tabla 2-10 Características Mini compactador estacionario 40

Tabla 2-11 Especificaciones técnicas Compactadora enfardadora 43

Tabla 2-12 Especificaciones técnicas Compactadora enfardadora 43

Tabla 2-13 Especificaciones técnicas Trituradora de voluminosos 45

Tabla 2-14 Especificaciones técnicas Trituradora de voluminosos 46

Tabla 2-15 Clasificación de equipos por función 49

Tabla 2-16 Clasificación de equipos por tipo de residuo 50

Tabla 2-17 Clasificación de equipos por etapa del proceso 51

Tabla 2-18 Clasificación de equipos y componentes 52

Tabla 2-19 Equipos críticos para el proceso 52

Tabla 2-20 Matriz de riesgo 53

Tabla 2-21 Leyenda Matriz de riesgo 53

Tabla 2-22 Modos de falla 54

Tabla 3-1 Tareas de mantenimiento Minicargador frontal eléctrico G 2200 E..... 59

Tabla 3-2 Tareas de mantenimiento Chipeadora Bandit Modelo 280XP..... 60

Tabla 3-3 Tareas de mantenimiento Volteadora SGF 201 EL 60

Tabla 3-4 Tareas de mantenimiento Criba de Tambor Might II 61

Tabla 3-5 Tareas de mantenimiento Compactadora Enfardadora Dixi 60S/80S..... 61

Tabla 3-6 Tareas de mantenimiento Mini compactador estacionario MSP 700..... 62

Tabla 3-7 Tareas de mantenimiento Trituradora de voluminosos S16D 62

Tabla 3-8 Operadores maquinaria 63

Tabla 3-9 Supervisión y gestión..... 63

Tabla 3-10 Técnicos de mantenimiento 64

Tabla 3-11 Personal de apoyo 64

Tabla 3-12 Estimación total trabajadores..... 64

Tabla 4-1 Salarios anuales sin un plan de mantenimiento 67

Tabla 4-2 Total salarios anuales sin un plan de mantenimiento..... 67

Tabla 4-3 Costos de mantenimiento reactivo..... 68

Tabla 4-4 Salarios anuales con un plan de mantenimiento 68

Tabla 4-5 Total salarios anuales con un plan de mantenimiento..... 68

Tabla 4-6 Costos de mantenimiento preventivo..... 69

Tabla 4-7 Comparación y reducción de costos 69

Tabla 4-8 Comparación y reducción absoluta..... 70

SIGLAS Y SIMBOLOGIA

Siglas

kW: Kilowatts

M: Metro

HP: Horsepower

Lb: Libras

L: Litros

V: Voltaje

A: Ampere

h: horas

DB: Decibelios

Kn: Kilo newton

Hz: Hertz

RPM: Revoluciones por minuto

INTRODUCCIÓN

La gestión efectiva de residuos es una preocupación clave en el ámbito medioambiental y de sostenibilidad. En este contexto, los centros de reciclaje desempeñan un papel fundamental en la transformación de materia orgánica en recursos útiles, como el compost, contribuyendo así a la reducción de desechos y la promoción de ciclos más sostenibles. Sin embargo, estas instalaciones también enfrentan el desafío de evitar la acumulación excesiva de residuos, lo que puede afectar tanto su eficiencia operativa como su impacto ambiental.

Para abordar esta problemática, surge la necesidad de diseñar un modelo de mantenimiento preventivo específico para el centro de reciclaje. Este enfoque proactivo busca anticipar y prevenir posibles problemas que puedan llevar a la acumulación de residuos, optimizando así la operación continua y la mantención de los equipos. El modelo se fundamenta en la identificación temprana de factores críticos que propician la acumulación no deseada, y en la implementación de medidas preventivas que garanticen un flujo eficiente y constante de residuos orgánicos dentro del proceso.

En esta propuesta, explicaremos los componentes esenciales de este modelo de mantenimiento preventivo, desde el análisis detallado tanto de la maquinaria involucrada como de los procesos de la planta, identificación de puntos críticos hasta la definición de actividades de mantenimiento. A través de una combinación de estrategias técnicas y operativas, se busca no solo reducir el riesgo de acumulación de residuos, sino también fomentar una gestión integral y sostenible de los recursos orgánicos. Este enfoque no solo beneficia la operación interna del centro de recuperación de residuos, sino que también contribuye al logro de metas más amplias en términos de conservación ambiental y promoción de prácticas responsables de gestión de residuos.

OBJETIVOS

Objetivo general

Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo apoyado de una matriz de riesgo, identificación de puntos críticos y la clasificación de equipos por criticidad para reducir la acumulación de residuos en un período de 12 meses, optimizando la eficiencia operativa y minimizando el impacto ambiental.

Objetivo específico

- Describir la evolución histórica del mantenimiento y los conceptos clave en la gestión de residuos y reciclaje, para integrar esta información en la formulación y mejora del plan de mantenimiento preventivo del centro de reciclaje.
- Documentar los procesos operativos del centro de reciclaje y la maquinaria involucrada, clasificando los equipos y sus componentes según su importancia en el proceso, y aplicar una matriz de riesgo para identificar y priorizar los elementos críticos que requieren atención especial en el mantenimiento.
- Desarrollar actividades de mantenimiento específicas para cada máquina del centro de reciclaje, asignar responsabilidades correspondientes para su ejecución, y respaldar el plan con un mapa de gestión que facilite la implementación y seguimiento de las tareas de mantenimiento.
- Evaluar el impacto económico y ambiental del plan de mantenimiento preventivo, analizando los cambios en los costos operativos y la reducción de residuos generados, para medir la efectividad del plan en términos de sostenibilidad y eficiencia.

CAPÍTULO 1: INFORMACIÓN GENERAL

1 INFORMACIÓN GENERAL

1.1 HISTORIA DEL MANTENIMIENTO

El mantenimiento ha evolucionado significativamente a lo largo del tiempo, adaptándose a las necesidades y tecnologías de cada era. A continuación, se describe la evolución histórica del mantenimiento, separada en sus tres principales tipos: Correctivo, Preventivo y Predictivo.

1.1.1 Mantenimiento Correctivo

Origen y Desarrollo:

Era Preindustrial y Revolución Industrial (hasta principios del siglo XX):

En los primeros días de la industria, el mantenimiento era esencialmente reactivo. Las reparaciones se realizaban después de que un equipo fallaba o dejaba de funcionar. Este enfoque se conoció más tarde como mantenimiento correctivo.

Características del Mantenimiento Correctivo:

Reacción a Fallos:

- Las acciones de mantenimiento se llevaban a cabo solo cuando un equipo fallaba.
- Enfoque en la reparación y restauración de la funcionalidad del equipo.

Costos y Eficiencia:

- Este enfoque a menudo resultaba en tiempos de inactividad prolongados y costos elevados debido a reparaciones no planificadas y urgentes.

Ejemplos:

Falla en sistema de calefacción en invierno

1.1.2 Mantenimiento Preventivo

Origen y Desarrollo:

Principios a mediados del siglo XX:

Después de la Segunda Guerra Mundial, con el avance tecnológico y la complejidad creciente de los equipos industriales, se hizo evidente la necesidad de un enfoque más proactivo.

Características del Mantenimiento Preventivo:

Planificación y Programación:

- Incluye la creación de calendarios de mantenimiento para realizar inspecciones, ajustes, limpieza y reemplazo de piezas antes de que ocurra un fallo.
- Utiliza manuales de fabricantes y experiencia operativa para determinar las frecuencias de mantenimiento.

Reducción de Fallos y Costos:

- Este enfoque ayuda a reducir la frecuencia de fallos inesperados y minimiza los costos asociados con el tiempo de inactividad y las reparaciones de emergencia.

Ejemplos:

- Cambios de aceite regulares en motores.
- Inspecciones periódicas de sistemas críticos.

1.1.3 Mantenimiento Predictivo

Origen y Desarrollo:

Finales del siglo XX hasta la actualidad:

Con la revolución digital y los avances en tecnología de sensores y análisis de datos, el mantenimiento predictivo ha emergido como la forma más avanzada de gestión de mantenimiento.

Características del Mantenimiento Predictivo

Monitoreo en Tiempo Real:

- Utiliza datos en tiempo real para evaluar el estado de los equipos y predecir fallos antes de que ocurran.
- Implementa técnicas como análisis de vibraciones, termografía infrarroja, análisis de ultrasonidos y monitoreo de condición.

Optimización de Recursos:

- Permite programar el mantenimiento basado en la condición real del equipo, optimizando los recursos y reduciendo los costos.
- Mejora la fiabilidad y la disponibilidad de los equipos al anticipar y prevenir fallos inminentes.

Ejemplos:

Sensores de vibración en motores para detectar desequilibrios o desgastes.

Monitoreo de temperatura para identificar problemas de sobrecalentamiento.

Tipo de Mantenimiento	Origen y Desarrollo	Características Principales	Ejemplos
Reactivo	Era Preindustrial y Revolución Industrial (hasta principios del siglo XX)	Reacción a fallos, Reparaciones después de fallos, Altos costos y tiempos de inactividad	Reparaciones tras fallos
Preventivo	Principios a mediados del siglo XX	Planificación y programación, Inspecciones y mantenimiento regulares, Reducción de fallos y costos	Cambios de aceite regulares en motores
Predictivo	Finales del siglo XX hasta la actualidad	Monitoreo en tiempo real, Uso de tecnologías avanzadas, Optimización de recursos y reducción de costos	Sensores de vibración para detectar fallos

Figura 1-1 Tabla comparativa de tipos de mantenimiento

1.2 CONCEPTOS CLAVE EN GESTIÓN DE RESIDUOS Y RECICLAJE

Existen muchos conceptos claves que se pueden analizar a la hora de hablar sobre el compostaje, sin embargo, este trabajo ira enfocado en los más importantes dentro de la Ley Numero 20.920 que establece marco para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje.

Artículo 1º.- Objeto. La presente ley tiene por objeto disminuir la generación de residuos y fomentar su reutilización, reciclaje y otro tipo de valorización, a través de la instauración de la responsabilidad extendida del productor y otros instrumentos de gestión de residuos, con el fin de proteger la salud de las personas y el medio ambiente.

Artículo 2º.- Principios. Los principios que inspiran la presente ley son los siguientes:

Gradualismo: Las obligaciones para prevenir la generación de residuos y fomentar su reutilización, reciclaje y otro tipo de valorización serán establecidas o exigidas de manera progresiva, atendiendo a la cantidad y peligrosidad de los residuos, las tecnologías disponibles, el impacto económico y social y la situación geográfica, entre otros.

Inclusión: Conjunto de mecanismos e instrumentos de capacitación, financiación y formalización orientados a posibilitar la integración plena de los recicladores de base en la gestión de los residuos, incluidos los sistemas de gestión en el marco de la responsabilidad extendida del productor.

Jerarquía en el manejo de residuos: Orden de preferencia de manejo, que considera como primera alternativa la prevención en la generación de residuos, luego la reutilización, el reciclaje de estos o de uno o más de sus componentes y la valorización energética de los residuos, total o parcial, dejando como última alternativa su eliminación, acorde al desarrollo de instrumentos legales, reglamentarios y económicos pertinentes.

Artículo 3º.- Definiciones. Para los efectos de esta ley, se entenderá por:

Almacenamiento: Acumulación de residuos en un lugar específico por un tiempo determinado.

Ciclo de vida de un producto: Etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema productivo, desde la adquisición de materias primas o su generación a partir de recursos naturales, hasta su eliminación como residuo.

Mejores prácticas ambientales: La aplicación de la combinación más exigente y pertinente de medidas y estrategias de control ambiental.

Mejores técnicas disponibles: La etapa más eficaz y avanzada en el desarrollo de los procesos, instalaciones o métodos de operación, que expresan la pertinencia técnica, social y económica de una medida particular para limitar los impactos negativos en el medio ambiente y la salud de las personas.

Reciclaje: Empleo de un residuo como insumo o materia prima en un proceso productivo, incluyendo el co-procesamiento y compostaje, pero excluyendo la valorización energética.

Recolección: Operación consistente en recoger residuos, incluido su almacenamiento inicial, con el objeto de transportarlos a una instalación de almacenamiento, una instalación de valorización o de eliminación, según corresponda. La recolección de residuos separados en origen se denomina diferenciada o selectiva.

Residuo: Sustancia u objeto que su generador desecha o tiene la intención u obligación de desechar de acuerdo con la normativa vigente.

Reutilización: Acción mediante la cual productos o componentes de productos desechados se utilizan de nuevo, sin involucrar un proceso productivo.

Sistema de gestión: Mecanismo instrumental para que los productores, individual o colectivamente, den cumplimiento a las obligaciones establecidas en el marco de la responsabilidad extendida del productor, a través de la implementación de un plan de gestión.

Tratamiento: Operaciones de valorización y eliminación de residuos.

Valorización: Conjunto de acciones cuyo objetivo es recuperar un residuo, uno o varios de los materiales que lo componen y, o el poder calorífico de los mismos. La valorización comprende la preparación para la reutilización, el reciclaje y la valorización energética.

Valorización energética: Empleo de un residuo con la finalidad de aprovechar su poder calorífico.

1.3 REGLAMENTO SOBRE MANEJO SANITARIO DE LAS INSTALACIONES DE VALORIZACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS

Las mejores prácticas y estándares en mantenimiento preventivo para instalaciones de compostaje están diseñadas para garantizar un funcionamiento eficiente, seguro y sostenible de las plantas de compostaje. Aquí se presentan algunas pautas clave según la Subsecretaría de Salud pública.

Artículo 4.- Para efectos del presente reglamento, las expresiones que aquí se indican tienen el significado que se señala:

Aireación: Inyección de aire al material en proceso de compostaje por medio de métodos mecánicos o manuales. Los métodos de aireación son: volteo mecánico o manual, inyección de aire positiva o negativa y colocación o formación de ductos de ventilación por convección (aireación pasiva).

Biodegradable: Material o compuesto químico que puede ser transformado en sustancias más sencillas por acción biológica.

Compost: producto orgánico higienizado obtenido a partir del tratamiento biológico aerobio y termófilo de residuos biodegradables recolectados separadamente.

Compostaje: proceso de descomposición aeróbica de una mezcla de residuos orgánicos, gracias a la acción de microorganismos. Este proceso ocurre en presencia de humedad y genera elevadas temperaturas que permiten higienizar la mezcla, produciendo dióxido de carbono, agua, y materia orgánica estabilizada.

Compostaje Barrial: uso de la técnica del compostaje para que los residuos orgánicos generados por varias personas o familias sean tratados conjuntamente en una unidad de compostaje dentro de una zona común dispuesta para tal efecto.

Compostaje domiciliario: aplicación de las técnicas de compostaje a residuos que generan las personas o familias individualmente, aplicando el proceso de compostaje en su propia vivienda, terraza, jardín, huerto, etc.

Condiciones aerobias: Situación en la cual el sustrato en descomposición se encuentra en un entorno con alta disponibilidad de oxígeno para los microorganismos encargados de la degradación.

Estiércol: todo excremento u orina de animales de granja distintos de los peces de piscicultura, con o sin camas.

Etapas termófila: Es la fase del compostaje donde la temperatura alcanza de 40 °C a 70 °C, debido al calor producido por el metabolismo de microorganismos mesófilos que son remplazados por bacterias termófilas capaces de vivir a esas temperaturas. Durante esta etapa ocurre la destrucción de patógenos.

Instalación de compostaje o de valorización: lugar físico donde se realiza el compostaje.

Lixiviado: líquido que ha percolado o drenado a través de un residuo y que contiene componentes solubles de este.

Madurez: Estado de degradación de la materia orgánica alcanzado durante el composteo una vez terminado el proceso de reducción de patógenos, en el que el compost está libre de efectos fitotóxicos y la mayor parte del material compostable se ha descompuesto y estabilizado.

Residuos orgánicos: residuos de origen vegetal o animal, compuestos fundamentalmente de carbono, hidrogeno, oxígeno y nitrógeno.

Valorización: Conjunto de acciones cuyo objetivo es recuperar un residuo, uno o varios de los materiales que lo componen y/o el poder calorífico de los mismos. La valorización comprende la preparación para la reutilización, el reciclaje y la valorización energética.

Volteo: procedimiento periódico mediante el cual se homogeniza y oxigena el material que compone una pila de compost.

1.4 CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS

Los residuos orgánicos para compostaje se clasificarán de acuerdo con las siguientes clases:

Clase 1:

- Residuos de jardín y paisajismo: tales como pasto, hojas, plantas, podas, ramas, troncos y tocones de árboles.
- Madera sin tratar: tales como aserrín, virutas, recortes de madera, cajones, pallets, madera y embalaje.
- Fibras orgánicas naturales: tales como turba, cascarilla de semillas, paja y otras similares.

Clase 2:

- Residuos vegetales de ferias y mercados: tales como hortalizas, frutas y semillas.
- Cartón y papel de desecho de actividades de ferias y mercados.
- Residuos de procesos agroindustriales: tales como residuos de viñas, cervecerías y destilería, residuos del procesamiento de alimentos.

Clase 3:

- Residuos orgánicos sólidos domiciliarios separados en origen, tales como restos de hortalizas o frutas, papel, cartón, entre otros.
- Fibras orgánicas procesadas: tales como papel, cartón, cartulina, lodos de procesamiento de papel y textiles no sintéticos.

Clase 4:

- Residuos del procesamiento de grasas o alimentos.
- Lodos grasos y aceitosos: lodos de trampas de grasa deshidratada, lodos grasos y aceitosos de origen animales y vegetal.
- Residuo mixto que contienen orgánicos putrescible: residuos que contienen sustancias orgánicas putrescibles, incluidos los residuos domésticos que se recolectan en las calles o son entregados directamente a una instalación de procesamiento; y residuos del comercio y la industria.
- Lodos, estiércol animal y mezclas de estiércol y orgánicos biodegradables de camas de animales.

1.5 ESTÁNDARES EN MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA CENTROS DE RECUPERACIÓN DE RESIDUOS

Las mejores prácticas y estándares en mantenimiento preventivo para instalaciones de compostaje están diseñadas para garantizar un funcionamiento eficiente, seguro y sostenible de las plantas de compostaje. Aquí se presentan algunas pautas clave que se pueden considerar.

1.5.1 Planificación y Programación

Establecer un plan de mantenimiento preventivo detallado que incluya frecuencias de inspección, limpieza, calibración y mantenimiento para cada equipo y área de la planta.

1.5.2 Registros y Documentación

Mantener registros detallados de todas las actividades de mantenimiento realizadas, así como de las incidencias y las mejoras implementadas.

1.5.3 Identificación de Puntos Críticos

Identificar y priorizar los equipos y áreas de la planta que son más propensos a problemas y acumulación de residuos.

1.5.4 Inspecciones Regulares

Realizar inspecciones periódicas de equipos y áreas de la planta que son más propensos a problemas y acumulación de residuos.

1.5.5 Lubricación y Mantenimiento Mecánico

Implementar un programa de lubricación y mantenimiento mecánico que garantice que los equipos funcionen de manera eficiente y prolonguen su vida útil.

1.5.6 Calibración y Ajuste

Calibrar los equipos y sistemas de medición con regularidad para asegurar mediciones precisas y procesos óptimos.

1.5.7 Gestión de Residuos de Mantenimiento

Establecer prácticas para manejar de manera adecuada y segura los residuos generados durante el mantenimiento.

1.5.8 Evaluación y Mejora Continua

Realizar evaluaciones periódicas del programa de mantenimiento preventivo y realizar mejoras según los resultados obtenidos.

Luego de revisar la información previa al análisis de los procesos e identificación de puntos críticos, cabe recalcar que la problemática en este trabajo es la acumulación de residuos en un centro de residuos valga la redundancia, para eso desarrollaremos un plan de mantenimiento preventivo, no sin antes identificar los puntos críticos dentro del proceso, para eso primero lo que se hará a continuación será la revisión completa de las máquinas para su posterior identificación de puntos críticos según dos metodologías.

CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE PROCESOS E IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS
CRÍTICOS

2 ANÁLISIS DE PROCESOS E IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS

2.1 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS PROCESOS DEL CENTRO DE RECICLAJE

El centro de reciclaje se divide en tres puntos en donde cada uno contiene subprocesos y sus respectivas máquinas involucradas, a continuación, se describen cada uno de los procesos detalladamente para dar un mejor entendimiento del proceso que se lleva a cabo en nuestro centro de reciclaje.

2.1.1 Punto de compostaje

El centro de reciclaje es un lugar diseñado para la descomposición natural de los materiales orgánicos, como los restos de alimentos, los residuos de jardín y otros residuos biodegradables. El compostaje es un proceso biológico en el que los microorganismos descomponen los materiales orgánicos en un material rico en nutrientes llamado compost.



Figura 2-1 Vista aérea planta de compostaje “Punto de compostaje”

A continuación, explicaremos las partes fundamentales de este proceso y sus etapas.

El punto de compostaje consta de varias etapas en las que se utilizan diferentes herramientas y maquinarias, como una máquina chipeadora, volteadora, un cargador frontal y una criba, para llevar a cabo el proceso de compostaje. A continuación, se describen las etapas principales:

Preparación de materiales: En esta etapa se recolectan los residuos orgánicos y se preparan para su procesamiento en la planta de compostaje. Los residuos orgánicos pueden incluir restos de alimentos, ramas, hojas, residuos de jardín y otros materiales orgánicos. En esta etapa se utiliza la máquina chipeadora para reducir el tamaño de los residuos orgánicos voluminosos.

Mezcla y formación de pilas: Una vez que los residuos orgánicos se han preparado, se mezclan en una pila o montón de compost en la que se añade una cantidad adecuada de agua y oxígeno para iniciar el proceso de descomposición. El cargador frontal se utiliza para mezclar los materiales y para formar y manejar las pilas.

Volteo de la pila: Durante el proceso de compostaje, es importante mantener una buena circulación de aire y agua para acelerar la descomposición. La volteadora se utiliza para voltear la pila de compost, lo que ayuda a mejorar la aireación y a mantener la humedad adecuada.

Cribado: Después de un periodo de tiempo, el compost se ha descompuesto lo suficiente como para ser cribado. La criba se utiliza para separar el compost de los materiales no descompuestos y las impurezas, produciendo un compost de alta calidad que puede ser utilizado como abono o para la tierra.

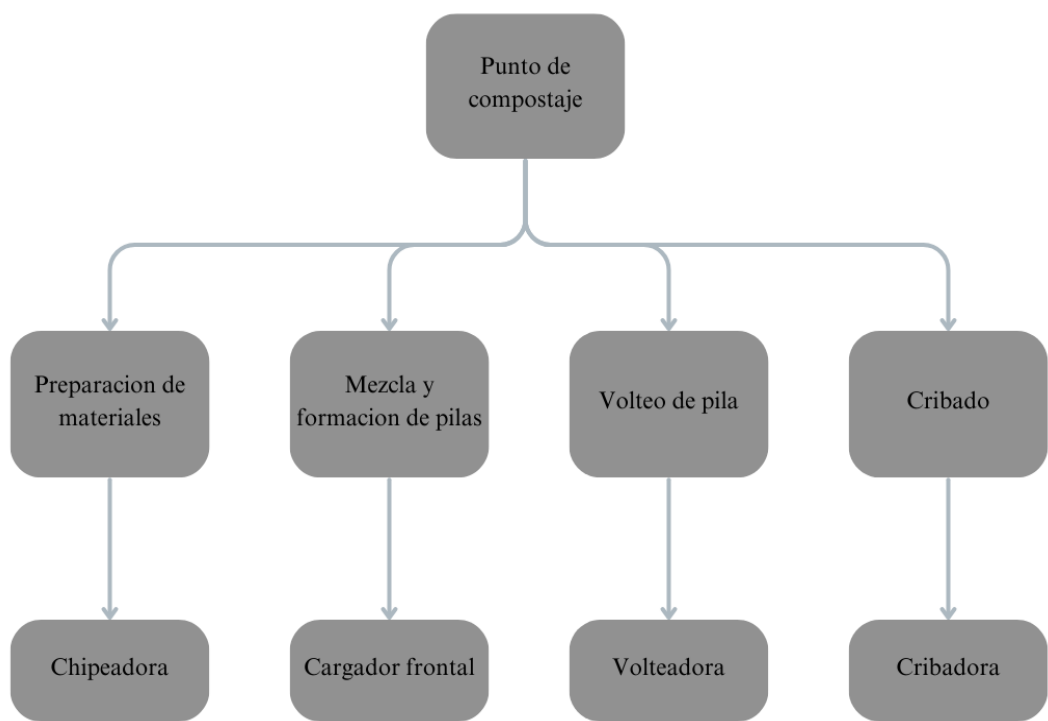


Figura 2-2 Etapas y Maquinaria del Punto de compostaje

2.1.2 Residuos Varios



Figura 2-3 Vista aérea Planta de compostaje “Zona residuos varios”

Por otra parte, tenemos el proceso de los residuos varios en la que están presentes una maquina Mini compactadora y una Compactadora enfardadora, los residuos orgánicos también pueden ser derivados a esta zona de residuos varios, los procesos involucrados en esta etapa son los siguientes:

Compactación de materiales:

La compactadora enfardadora se encargará de compactar grandes volúmenes de residuos orgánicos en fardos densos y manejables.

La mini compactadora también puede ser utilizada para compactar residuos orgánicos, pero de menor volumen que se estén generando constantemente en la planta.

Formación de fardos:

Después de compactar los residuos de ambas maquinas, la compactadora enfardadora envuelve en material en fardos, estos pueden ser atados con alambre, o cualquier material de embalaje adecuado.

Transporte:

Una vez realizada ambas etapas los fardos ya están preparados para ser transportados, por lo tanto, también ya puede hacerse uso del minicargador frontal en esta etapa.

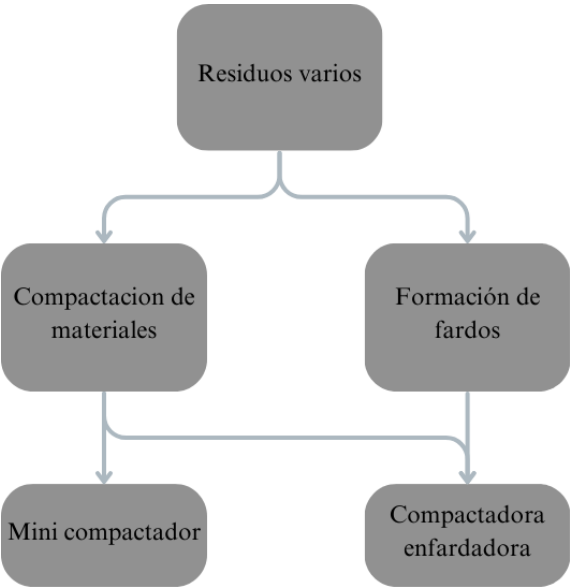


Figura 2-4 Etapas y Maquinaria de Residuos varios

2.1.3 Residuos Voluminosos



Figura 2-5 Vista aérea Planta de compostaje “Zona residuos voluminosos”

En la etapa de residuos voluminosos la trituradora de voluminosos se utiliza para reducir el tamaño de los residuos orgánicos de mayor tamaño, como palets, troncos grandes, residuos domésticos, residuos industriales, residuos mezclados de construcción, madera vieja, restos de poda, plásticos, techumbres, etc., para que puedan ser procesados de manera más eficiente en el punto de compostaje, para su posterior transporte.



Figura 2-6 Etapas y Maquinaria de Residuos Voluminosos

Diagrama de flujo del proceso completo se comprende de esta manera

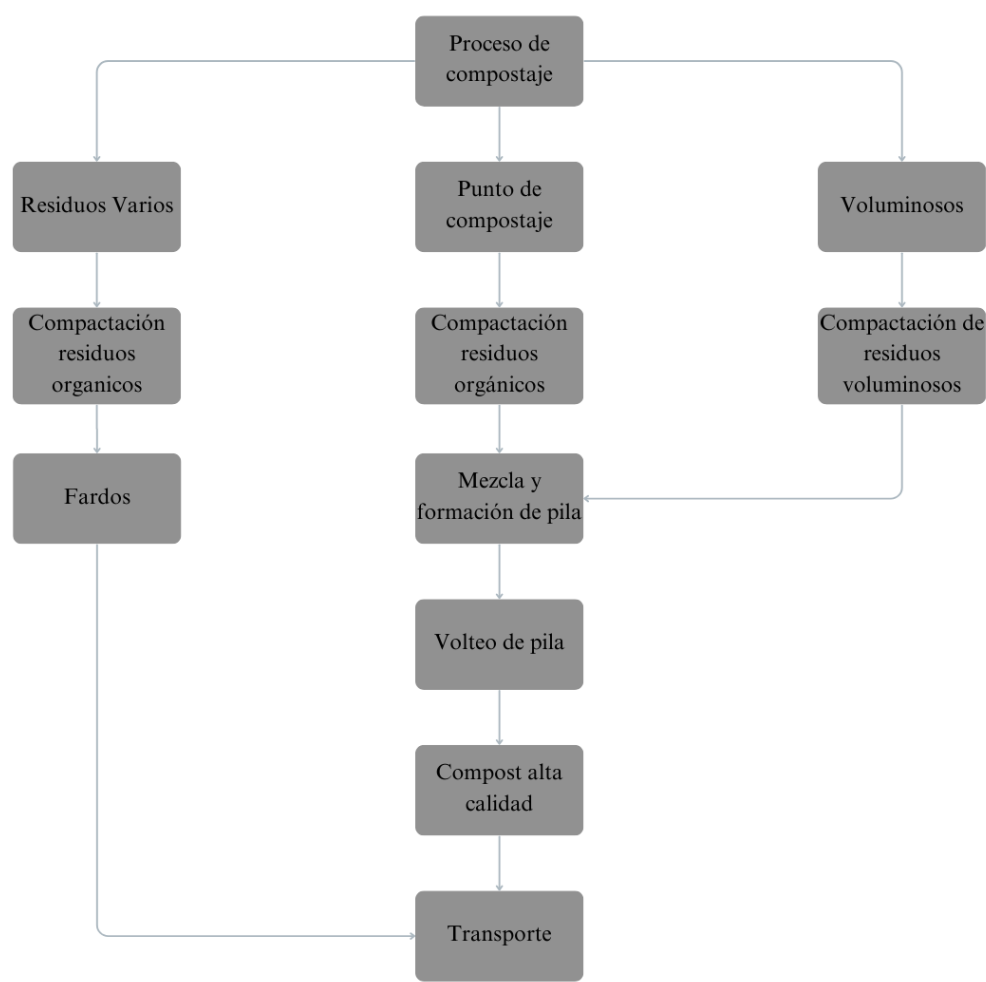


Figura 2-7 Diagrama de flujo del Proceso de compostaje

2.2 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS MÁQUINAS DEL CENTRO DE RECUPERACIÓN DE RESIDUOS

Para saber cómo funciona la cadena de operaciones del centro de reciclaje, primero es importante conocer a fondo cada una de las máquinas empleadas en este proceso, sus funciones y las especificaciones técnicas de cada una de ellas, tanto por sí solas como en conjunto, a continuación, se presentan cada una de ellas, cabe recalcar que las tablas fueron elaboración propia, pero con información extraída de los instructivos y manuales de cada una de ellas.

2.2.1 Chipeadora Bandit Modelo 280XP



Figura 2-8 Chipeadora Bandit Modelo 280XP

Una chipeadora es una máquina utilizada en el centro de reciclaje para triturar y fragmentar materiales orgánicos como ramas, hojas, restos de poda y otros desechos vegetales. Su función principal es reducir el tamaño de estos materiales, lo que facilita su descomposición y acelera el proceso de compostaje.

Especificaciones técnicas:

Tabla 2-1 Especificaciones técnicas Chipeadora

ESPECIFICACIONES	UNIDADES ESTANDAR	UNIDADES METRICAS
Capacidad	18" diametro	45.7 cm
Apertura	18" x 20.5"	45.7 x 52 cm
Motor	114–142 hp	85 – 106 kW
Peso	10.000 lbs	4,535 kg
Largo (Cerrada)	15' 9"	480 cm
Ancho	7' 11"	241.3 cm
Alto	8'6"	259 cm
Tasa de alimentacion	100 F.P.M	0.508 M.P.S
Tolva de alimentacion	33–1/4" Alt x 64 Ancho	84.45 X 163 cm
Estanque hidraulico	30 galones (acero)	113.5 L
Estanque de gasolina	40 galones (acero)	151 L

Características:

Tabla 2-2 Características Chipeadora

CARACTERISTICAS	
Sistema de alumbrado	Sistema 12V con luces de cola LED montadas con goma
Sistema de alimentacion	Doble rueda de alimentacion
Rueda de alimentacion	10–5/8" diametro
Rueda de alimentacion	20" largo
Disco de corte	55" diametro x 2" grosor
Eje de la astilladora	5" diametro
Rodamientos	(2) 2–15/16" de calibre, 4 bolt pernos montados
Motores hidraulicos	(2) roller stator blanco 63.9 C.I.D.
Rampa de descarga	360 grados pivote manual
Eje de la astilladora	Eje unico de 10,000 lb.
Neumaticos	(4) 235/75R 16 load range "F", 14–ply rated, montado en aro blanco de 8–pernos
Guardabarros	Medida 12, guardabarros de acero

2.2.2 Volteadora SGF 201 EL



Figura 2-9 Volteadora SGF 201 EL

Una volteadora, también conocida como volteadora de compost o volteadora de abono, es una máquina esencial en el centro de reciclaje. Su función principal es mezclar y voltear los materiales en las pilas de compost, lo que promueve la aireación, la descomposición y homogeneización del compost.

Especificaciones técnicas:

Tabla 2-3 Especificaciones técnicas Volteadora

ESPECIFICACIONES	UNIDADES ESTANDAR	UNIDADES METRICAS
Capacidad		300 m³
Ancho del eje de transferencia	78.74"	2 m
Ancho total	108.26"	2.75 m
Altura del tunel dimension interna	45.27"	1.15 m
Velocidad de trabajo maxima		300 m/h
Peso	1763.7 lb	800 kg
Tension requerida		380 V
Corriente requerida		32 A
Alquiler ancho x alto	78.74 x 35.43"	2 x 0.9 m

Características:

Tabla 2-4 Características Volteadora

ESPECIFICACIONES	UNIDADES ESTANDAR	UNIDADES METRICAS
Largo		1.2 m
Ancho		2 m
Capacidad de carga maxima		2.75 m
Tamaño horquilla		1.15 m

2.2.3 Minicargador Frontal Eléctrico G 2200 E



Figura 2-10 Minicargador Frontal Eléctrico G 2200 E

El Minicargador Frontal G2200E es una máquina compacta y versátil que se utiliza ampliamente en centros de residuos y plantas de reciclaje. Su función principal es facilitar la manipulación, transporte y procesamiento de diversos tipos de materiales.

Especificaciones técnicas:

Tabla 2-5 Especificaciones Técnicas Minicargador Frontal Eléctrico G 2200 E

ESPECIFICACIONES	Unidad	Detalles
Capacidades		
Peso operacional	2.200 kg	(Medido con pala estandar)
Capacidad de elevacion	1650 kg	
Carga de vuelco	1450 kg	
Dimensiones generales		
Altura de elevacion	2.825 mm	(Medido en el punto de bisagra en posicion recta) (Medido en neumaticos estandar)
Longitud total	2975 mm	(Sin cubo) / 3690 (con cubo)
Ancho	1080 mm	
Altura de seguridad	2300 mm	(Medido en neumaticos estandar) (Medido con techo de seguridad estandar)
Mecanismo de accionamiento		
Motor electrico	6,5 kw	
Recuperacion de energia		Frenos regenerativos, carga automatica de la bateria durante desplazamiento libre o sobre pendientes (el motor electrico se convierte en dinamo)
Control Hill Hold		El freno automatico evita el retroceso en una pendiente de forma automatica
Traccion electrica		En las cuatro ruedas con eje cardan y una fuerza de traccion de 12.500 N
Deslizamiento		Deslizamiento limitado en ambos ejes
Modo remolque		La maquina se puede remolcar libremente si el mecanismo de conudccion esta desactivado

Dimensiones:

Tabla 2-6 Dimensiones Minicargador frontal

DIMENSIONES		A) Distancia entre ejes	1,515 (mm)
		B) Longitud total (sin cubo)	2.975 (mm)
		C) Longitud total (con cubo)	3,690 (mm)
		D) Longitud del brazo elevador de 3 puntos	622 (mm)
		E) Min. Altura enganche de 3 puntos	134 (mm)
		F) Max. Altura enganche de 3 puntos	797 (mm)
		G) Altura superior del asiento	1,256 (mm)
		H) Max. Altura con techo de seguridad ROPS / FOPS	2,300 (mm)
		I) Max. Altura con cabina ROPS / FOPS	2,284 (mm)
	J) Bastidor frontal de altura	1,480 (mm)	
	K) Altura de descarga	1,988 (mm)	
L) Max. Pivote de altura	2,825 (mm)		
M) Max. Altura con cubo	3,392 (mm)		
N) Angulo de retroceso (en el suelo)	43°		
O) Angulo de retroceso a max altura de elevacion	53°		
P) Angulo de descarga (max.)	47°		
Q) Angulo de carga (max.)	29°		
R) Diametro del neumatico estandar Ø	762 (mm)		
1A) Radio maximo externo	2,599 (mm)		
1B) Radio en el borde exterior	2,292(mm)		
1C) Radio de giro exterior	1.179 (mm)		
1D) Min. Ancho de la maquina	1,040 (mm)		

2.2.4 Criba de Tambor Might II



Figura 2-11 Criba de Tambor Might II

Una criba de tambor es un equipo esencial en un centro de reciclaje debido a su capacidad para clasificar y separar materiales según su tamaño.

La criba de tambor realiza la separación de materiales, rota y tamiza los materiales, separándolos en diferentes tamaños, los más finos pasan por el agujero del tambor, mientras que los más grandes son transportados al final del tambor.

Especificaciones técnicas:

Tabla 2-7 Especificaciones técnicas Criba de Tambor Might II

Sistema de Molino de Martillos				
Molino	De martillo con 22 hojas de alta velocidad		Deflectores	De resorte para el rechazo de piedras y rocas con el objeto de que estas pasen sin desgastar en exceso los martillos
Tipo de Hojas	Con libre giro y placas deflectoras			
Materiales de Hojas	Acero AR500			
Sistema de Criba de tambor				
Dimensiones	0,9 m de ancho/diámetro x 1,2m de largo		Rendimiento de produccion	Entre 11 – 20 m3&/h
Area de Cribado	2,79 m2		Tamaño de Cribado	Entre 6 – 75 mm
Velocidad de Rotacion de la Criba	2.600 rpm del motor		Cepillo	Ajustable de autolimpieza de nylon para autolimpieza del tamiz
Angulo de la Criba	Variable para adaptarse a niveles de humedad de materiales			
Sistema de Alimentador y Transportador				
Tolva	Con parrilla de barras inclinables manualmente con espaciamiento de 152 mm		Poleas	De cola tipo ala de cabeza recubierta
			Capacidad Tolva	0,76 m2
Velocidad de Banda Transportadora	Variable, con ajuste hidraulico		Rodillos	Rodillos de retorno con discos de hule
Banda Transportadora	460 mm de ancho		Materialidad	Fabricada con acero americano A36
Sistema Motriz y Controles				
Motor	26 HP (Diesel) en comportamiento cerrado		Tanque de Combustible	Capacidad de 62,5 L, con cierre de seguridad
Tanque de Aceite	Tanque de aceite hidraulico y enfriador de 110 L		Rendimiento Combustible	Entre 3 – 5 L/h
Transmision de Fuerzas	Mediante correas			
Panel de control	Con acceso a: •Control de aceleración •Regulador de velocidad •Botón de parada automática •Válvula de control alimentador •Válvula de control de correa transportadora •Válvula de control de criba •Válvula de control de martillos			

Tabla 2-8 Especificaciones técnicas Criba de Tambor Might II

Sistema de Transporte				
Remolque	Con capacidad de ser remolcada por un vehiculo de 3/4 Ton		Dimensiones	Ancho: 1,668 m; 7,32 m; Alto: 2,97 m
Frenos	Electricos		Eje	Simple
Luces	Incorpora luces de freno y posicion		Accesorios	Incluye gata y patas de soporte que facilita la carga y descarga
Accesorios de remolque	•Cadenas •Interruptor / conector de batería •Anclas •Caja de conexión •Brida de ajuste •Kit de remolque		Separador de materiales	Ducto acanalado recto que permite canalizar sobretamaños de material desde el tambor al piso, separando el producto procesado y terminado del producto de sobretamaño
Peso estimado	Aprox 2.200 Kg			
Material a Procesar				
Material	Chips, compost, humus, turba, corteza, arena, entre otros			
Opcional				
Transportador de apilamiento radial 30'	Para producir grandes apilamientos radiales de producto final sin necesidad de hacer doble manejo de material. Las dimensiones son de 460 x 9,14m			
Kit de conversion a potencia hidraulica	Brinda la habilidad de manejar el transportador de apilamiento por el motor de la Might II. El kit hidraulico elimina la necesidad de agregar otro motor o fuente de poder			

Dimensiones:

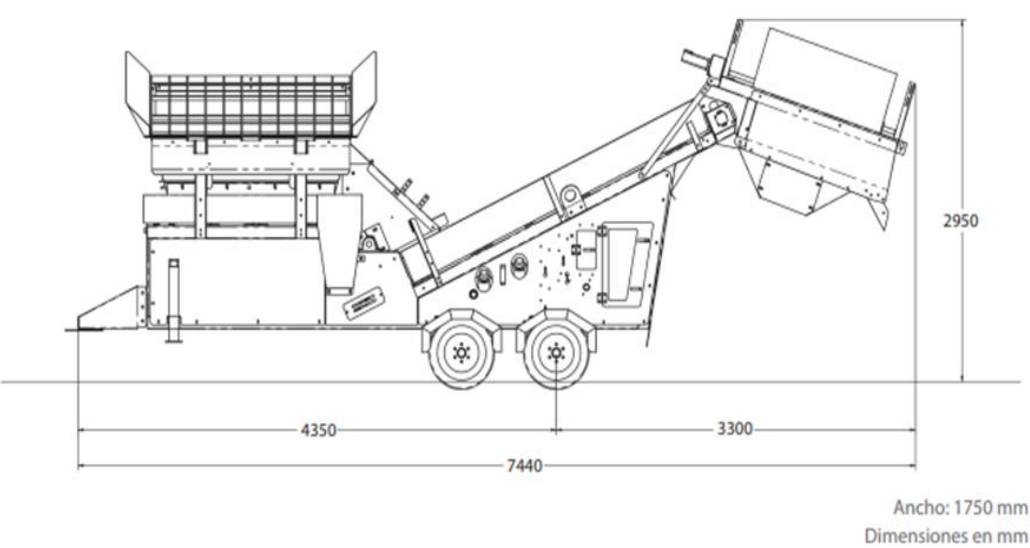


Figura 2-12 Dimensiones Criba de Tambor Might II

2.2.5 Mini compactador estacionario MSP 700



Figura 2-13 Mini compactador estacionario MSP 700

Un mini compactador estacionario desempeña un papel crucial en el centro de reciclaje al facilitar la manipulación y gestión eficiente de los residuos orgánicos. Este equipo compacto, diseñado para instalaciones de menor escala, combina la funcionalidad de compactación con la conveniencia de su disposición estacionaria. A continuación, se describe en detalle las características y funciones de un mini compactador estacionario:

El mini compactador estacionario es una unidad de tamaño reducido pero robusta, diseñada para comprimir los residuos orgánicos antes de su entrada en el proceso de compostaje. Su disposición estacionaria implica que está fijo en un lugar específico de la planta, facilitando su integración en líneas de procesamiento más compactas.

Especificaciones técnicas:

Tabla 2-9 Especificaciones técnicas mini compactador estacionario

Características Generales					
Fuerza de compactado	95 (kN)	Potencia del motor	4 kW		
Peso Neto	600 (kg)	Nivel de ruido	65 DB		
Relacion de Compresion	9:01	Conexión electrica	Monofasica 220 v o Tarifasica 380 v según requerimiento		
Dimensiones					
Longitud L	2030 mm	Ancho B	1261 mm		
Alto H	1803 mm	Longitud delante del ariete hidraulico	700 mm		
Ancho del ariete Hidraulico	600 mm	Alto de ariete hidraulico	445 mm		
Operación y Control					
Tiempo de ciclos	23 seg	Control	Manual y automatico	Alimentacion tolv	Adecuada para carton
Seguridad					
•Sistema aviso de llenado que se activa al alcanzar 80% de su llenado •Interruptores con llave para mayor seguridad •Botón parada emergencia, la maquina se detendrá inmediatamente					
Opcionales					
•El mini compactador puede estar equipado con un marcador de teléfono GSM, para notificar cuando el contenedor esta casi lleno •Opción de Control remoto •Alimentación por Alza Contenedor •Módulo de acceso único para áreas publicas •Posibilidad de alimentación eléctrica mediante Sistema Fotovoltaico					

Características :

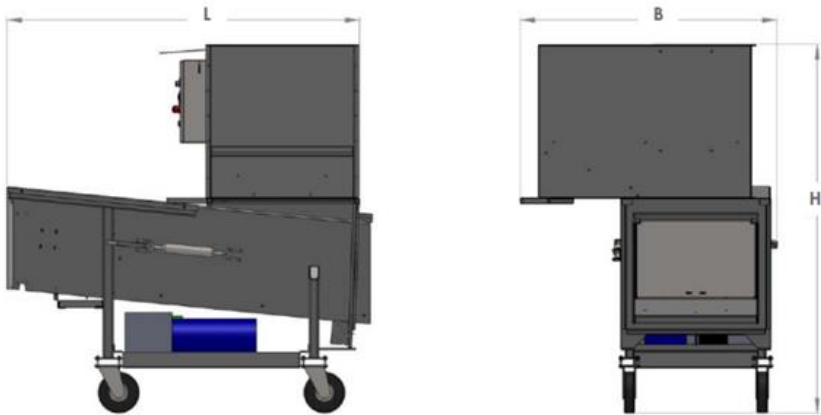
Tabla 2-10 Características Mini compactador estacionario

CONTENEDOR MSP-C			
Dimensiones			
Contenido Neto	3 m³	Longitud L	2347 mm
Ancho B1	1440 mm	Ancho B2	1405 mm
Alto	1351 mm		
Operación y Control			
Peso Neto	460 kg	Maximo Peso Total	2000 kg

Dimensiones:

Mini Compactador MSP

L = 2030 [mm]
B = 1261 [mm]
H = 1803 [mm]



Compactador MSP-C

L = 2347 [mm]
B1 = 1440 [mm]
B2 = 1405 [mm]

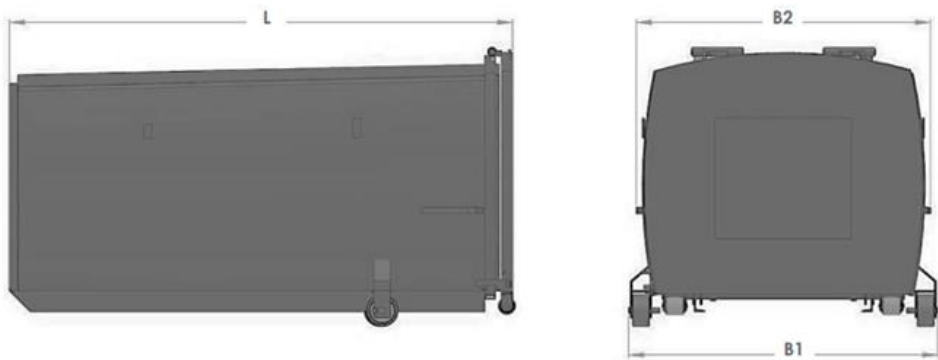


Figura 2-14 Dimensiones Mini compactador estacionario

2.2.6 Compactadora Enfardadora DIXI 60S/80S



Figura 2-15 Compactadora enfardadora DIXI 60S/80S

La compactadora enfardadora es una máquina diseñada para comprimir y empaquetar residuos orgánicos de manera eficiente, facilitando su transporte y almacenamiento. Su función primordial es reducir el volumen de los residuos y transformarlos en fardos compactos, lo que optimiza el espacio y mejora la logística en el centro de residuos.

Esta máquina opera mediante un proceso de compactación que comprime los residuos orgánicos, formando fardos de tamaño uniforme y manejable. La capacidad de enfardar los residuos no solo reduce el espacio requerido para el almacenamiento, sino que también simplifica el manejo y transporte posterior, mejorando la eficiencia operativa.

Especificaciones técnicas:

Tabla 2-11 Especificaciones técnicas Compactadora enfardadora

Características del equipo
•Control por microprocesador •Bajo mantenimiento •Pantalla LCD multilingüe •Función de inicio automático al cerrar la tapa de llenado Secuencia de proceso rápida, carrera de retorno automática •Tiempo de prensado ajustable: El material prensado se puede mantener bajo presión. •El sistema hidráulico de dos etapas del bloque de control garantiza un ciclo de prensado rápido •Sistema hidráulico generosamente dimensionado: Gran fuerza de prensado con baja presión hidráulica y baja potencia de accionamiento •Cambio de cartón a lamina

Tabla 2-12 Especificaciones técnicas Compactadora enfardadora

Modelo DIXI	Unidad	60 S	80S
Motor	kW	7.5	11
Voltaje	V/hz	400/50	400/50
Fuerza de compactacion	max t.	60	80
Tiempo de ciclo	s	36	39
Tiempo de compactacion	s	16	20
Apertura de la trampilla de alimentacion	cm	116 x 55	120 x 63
Altura desde el piso	cm	118	118
Tamaño de la bala w x h x d	cm	120 x 80 x 110	120 x 110 x 110
Peso de la bala	kg	340–500	500–700
Ancho total	cm	189	198
Profundidad total	cm	140	170
Alto total	cm	217	217
Peso de la hierba	kg	2430	3350

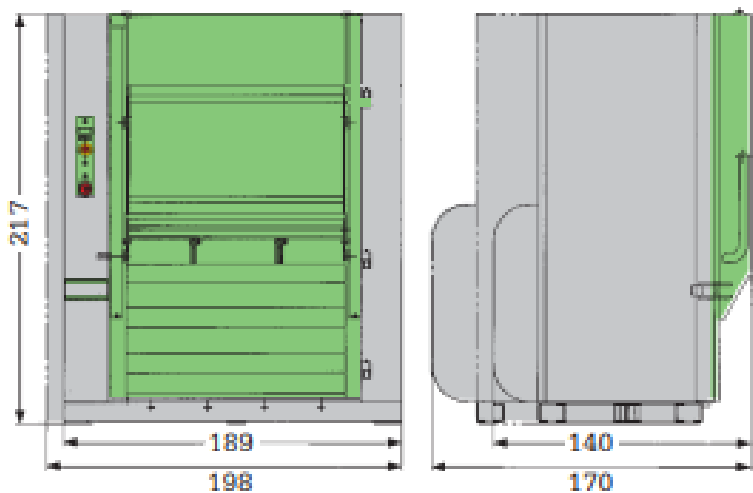


Figura 2-16 Dimensiones Compactadora enfardadora

2.2.7 Trituradora Voluminosos S16D



Figura 2-17 Trituradora Voluminosos S16D

La trituradora de voluminosos es una máquina robusta diseñada para manejar residuos orgánicos de gran tamaño que, de otra manera, serían difíciles de procesar. Su función principal es reducir el tamaño de estos materiales, facilitando así su descomposición y su posterior transformación en compost.

Este equipo opera mediante un sistema de cuchillas o martillos que corta, tritura y desmenuza los residuos voluminosos en fragmentos más pequeños. La trituradora puede ajustarse para producir tamaños de partícula específicos, adaptándose a los requisitos del proceso de compostaje y a las características del material de entrada.

Especificaciones técnicas:

Tabla 2-13 Especificaciones técnicas Trituradora de voluminosos

Dimensiones			
Largo – modo transporte	7.230 mm con cinta transportadora plegada		
Largo – modo trabajo	10.415 mm con cinta transportadora extendida		
Ancho	2.400 mm	Alto – modo transporte	2.660 mm
Alto maximo – modo trabajo	4.695 mm alto maximo se origina al inclinar la tolva de recepcion		
Ancho entrada de alimentacion	2.100 mm	Largo entrada de alimentacion	1.535 mm
Alto de entrada de alimentacion	700 mm	Peso Total	17.500 kg aprox
Distribucion de componentes	Los componentes de la unidad de trituracion y del sistema de potencia se complementan en una sola linea, pensada para maximizar la eficiencia de la interconexion mecanica de los elementos de entrada, potencia, trituracion y descarga		
Cinta transportadora			
Ubicación de la cinta transportadora	Inmediatamente a continuacion del final del cuerpo de la trituradora, directamente al costado de la garganta de alimentacion. Su ubicación facilita las tareas de mantenimiento y permite una rapida inspeccion durante la operación		
Altura de descargar de la cinta transportadora	4.035 mm a elevacion angular maxima de 36 °. ajustable hidraulicamente		
Ancho de la cinta transportadora	1.200 mm	Largo de la cinta transportadora	6.230 mm
Distancia entre cuerpo de la maquina y el punto de descarga de la cinta transportadora	mínima: 5040 mm aprox. a elevación angular máxima de 36 ° máxima: 6020 mm aprox. a elevación angular máxima de 15°		
Distancia entre centro de garganta de alimentacion y el punto de descarga de la cinta transportadora	mínima: 5800 mm aprox. a elevación angular máxima de 36 ° máxima: 6780 mm aprox. a elevación angular máxima de 15 °		
Contruccion	De doble banda plegable		
Descripcion / Transporte	Cinta transportadora de decarga, construccion soldada. Puede elevarse a la altura deseada de descarga y es plegable para su posicion de transporte		
Control			
Radio Control Remoto	La maquina trituradora integra un control remoto en la parte lateral del panel de control, el cual permite operar las funciones del equipo a distancia otorgandole una mayor seguridad al operador al estar alejado de la zona de cargar y descarga de material y de la zona de trituracion. Cuenta con un boton de paro de emergencia en la zona superior		

Tabla 2-14 Especificaciones técnicas Trituradora de voluminosos

Motor			
Accionamiento		Diesel–Hidroestatico con funcion de reversa automatica, para evitar daños en las herramientas causadas por contaminantes	
Emisiones		Norma UE Nivel V	
Sistema de ahorro de combustible		Sistema que permite al motor operar en modo economico, el motor cambiara de modo automatico a modo ralenti si no hay suministro de material despues de un periodo de tiempo ajustable	
Sistema Hidraulico			
Control de rendimiento		Disminucion de la velocidad de los motores hidraulicos aumentando el torque en los ejes de trituracion	
Sistema de trituracion			
Ubicación del sistema de trituracion		En la parte central del equipo. Esta ubicación permite que la transmision de potencia desde el motor se realice a maxima eficiencia	
Ejes		2 Ejes patentados de rotacion sincronizada	
Elemento de corte		Herramientas de corte en discos con puntas enganche. Tritura tanto hacia adelante como hacia atrás	
Velocidad de eje		Velocidad nominal de 15 a 35 rpm	
Tamaño de grano		Salida hasta aprox. $\leq 200/250$ mm	
Soportes de torsion		Los soportes triangulares soldados debajo de los peines atornillados ubicados en los lados de las herramientas de corte protegen las fijaciones contra la rotura	
Contruccion		Dotado de chaflanes torneados en la circunferencia del portaherramientas del eje de trituracion, permitiendo una calidad de costura de soldadura constante para una mejor union al cuerpo del eje	
Produccion			
Residuos domesticos	50 t/h	Residuos de madera	60 t/h
Residuos voluminosos y residuos industriales		30 t/h	
Características Chasis			
Ruedas		2 ruedas de goma	
Emplazamiento de ruedas		Una rueda a cada costado del equipo, con eje conectado directamente a enganche de fraccion	
Accionamiento de ruedas		Mediante palanca manual para elevacion y descenso del enganche de traccion	
Enganche de traccion		Estructura movil de acero acoplada al marco base que da soporte a las ruedas	
Alimentacion de Enganche de traccion		Alimentado directamente desde el sistema hidraulico del equipo	
Marco		Marco de acero, construccion completamente soldada. Cuenta con un gancho ampliroll y rodillos de despegue. Ademas de ruedas para uso Movil	
Enganche		Gancho para elevacion ampliroll	

Características:



Figura 2-18 Cinta transportadora plegable

Cinta transportadora de descarga, construcción soldada. Puede elevarse a la altura deseada de descarga y es plegable para su posición de transporte



Figura 2-19 Sistema de inclinación tolva basculante

Tolva inclinable o basculante mediante cilindros hidráulicos que actúan directamente en la tolva para la alimentación automática de residuos



Figura 2-20 Radio control remoto

La maquina trituradora integra un control remoto en la parte lateral del panel de control, el cual permite operar las funciones del equipo a distancia otorgandole una mayor seguridad al operador al estar alejado de la zona de carga y descarga de material y de la zona de trituracion. Cuenta con un boton de paro de emergencia en la zona superior

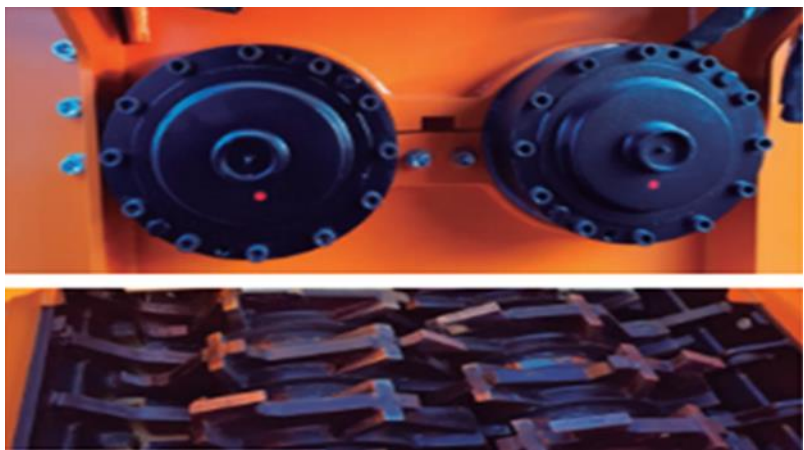


Figura 2-21 Sistema de trituración

En la parte central del equipo. Esta ubicación permite que la transmision de potencia desde el motor se realice a maxima eficiencia. 2 Ejes patentados de rotacion sincronizada. Herramientas de corte en discos con puntos de enganche. Tritura tanto hacia adelante como hacia atras

2.3 CLASIFICACIÓN DE EQUIPOS Y COMPONENTES

Para clasificar los equipos y componentes lo haremos según su función, el tipo de residuo que manejan, etapa del proceso a la cual están funcionando. Para eso se realizó una tabla en donde se enumeró según el nivel de respectiva importancia y criticidad dentro del proceso.

2.3.1 Función

	FUNCIÓN	Nivel de Criticidad
Equipos de	Embalaje y envío	1
	Recepción	2
	Compactación y Trituración	3
	Clasificación	4
	Procesamiento Químico	5

Tabla 2-15 Clasificación de equipos por función

Embalaje y Envío

Esta función, aunque es importante para garantizar la entrega de los productos reciclados a los clientes, generalmente no afecta directamente el proceso de recuperación en la planta. El fallo en esta etapa podría resultar en retrasos en la entrega, pero no afectaría drásticamente la operación interna.

Recepción

La función de recepción es vital para el flujo inicial de materiales a través del proceso de recuperación. Sin embargo, su fallo generalmente no detendría por completo la operación de la planta, ya que es posible desviar temporalmente los materiales a zonas de almacenamiento hasta que se resuelva el problema.

Compactación y Trituración

La compactación es esencial para reducir el volumen de los materiales procesados y facilitar su almacenamiento y transporte. Aunque es importante, su fallo podría manejarse mediante alternativas temporales, y es menos crítico en comparación con las siguientes funciones.

Clasificación

La clasificación es una función crucial para separar los materiales reciclables según su tipo y calidad. El fallo en esta etapa podría afectar directamente la calidad de los productos finales, así

como la eficiencia de todo el proceso, ya que los materiales no estarían siendo tratados adecuadamente.

Procesamiento Químico

Si la planta realiza procesamiento químico para tratar ciertos tipos de residuos, esta función puede ser altamente crítica. Un fallo en esta etapa podría tener impactos significativos en la calidad de los productos finales y, dependiendo de la naturaleza química de los residuos, podría tener implicaciones de seguridad y medioambientales.

2.3.2 Tipo de Residuo

	TIPO DE RESIDUO	Nivel de Criticidad
Residuos	Orgánicos	1
	Plásticos	2
	Electrónicos	3
	Construcción y demolición	4

Tabla 2-16 Clasificación de equipos por tipo de residuo

Orgánicos

Los residuos orgánicos, como restos de comida y materiales biodegradables, generalmente son los menos críticos en una planta de reciclaje. Aunque pueden generar malos olores y atraer plagas si no se manejan adecuadamente, no suelen afectar directamente la eficiencia del proceso ni la calidad de los productos reciclados.

Plásticos

Los residuos plásticos son más críticos que los orgánicos debido a su durabilidad y dificultad para descomponerse. Sin embargo, su impacto puede variar según el tipo de plástico y la capacidad de la planta para manejarlos. Los plásticos pueden causar obstrucciones y problemas en la maquinaria si no se separan y se tratan correctamente.

Electrónicos

Los residuos electrónicos, como dispositivos electrónicos obsoletos, contienen componentes valiosos y materiales peligrosos. La mala gestión de los residuos electrónicos puede tener consecuencias ambientales y de salud importantes debido a los productos químicos y metales tóxicos presentes en estos dispositivos.

Construcción y demolición

Los residuos de construcción y demolición son altamente críticos debido a su volumen y diversidad. Pueden incluir materiales como concreto, madera y metales, que, si no se manejan correctamente, pueden afectar la seguridad de la planta y generar desafíos en el procesamiento. La correcta separación y gestión de estos residuos son esenciales.

2.3.3 Etapas del Proceso

	ETAPA DEL PROCESO	Nivel de Criticidad
Equipos de	Recepción y Acopio	1
	Limpieza y preparación	2
	Envasado y almacenamiento	3
	Separación Inicial	4
	Procesamiento Específico	5

Tabla 2-17 Clasificación de equipos por etapa del proceso

Recepción y acopio

Esta etapa es importante para recibir los materiales y garantizar que se almacenen de manera adecuada hasta que se puedan procesar. Sin embargo, un problema en esta etapa no detendría por completo la operación. Los materiales pueden esperar temporalmente en áreas designadas antes de pasar a las siguientes etapas.

Limpieza y preparación

La limpieza y preparación de los materiales es crucial para asegurar que estén libres de contaminantes y puedan procesarse de manera eficiente. Aunque es importante, su impacto directo en la operación general es menor que en las etapas siguientes. Un problema en esta etapa podría afectar la eficiencia de procesamiento, pero no detendría por completo el flujo.

Envasado y almacenamiento

La etapa de envasado y almacenamiento es vital para preparar los materiales reciclados para su posterior distribución. Aunque es esencial para la logística y entrega, su impacto directo en la operación de recuperación es menor que en las etapas anteriores. Problemas en esta etapa podrían causar retrasos en la entrega, pero no afectarían drásticamente el proceso de recuperación.

Separación inicial

La separación inicial es una etapa crítica para eliminar materiales no deseados y clasificar los materiales reciclables en el flujo correcto. Su fallo podría propagarse a lo largo del proceso y afectar la calidad de los productos finales. Sin embargo, comparada con el procesamiento específico, tiene un impacto ligeramente menor en términos de la calidad y el valor de los productos reciclados.

Procesamiento específico

El procesamiento específico es una etapa altamente crítica. Aquí, los materiales reciclables se transforman en productos reciclados listos para su uso. Un problema en esta etapa podría tener un impacto directo en la calidad, el valor y la viabilidad de los productos finales. Su alta criticidad se debe a su papel clave en la generación de valor a partir de los materiales reciclados.

2.3.4 Equipos críticos para la cadena del proceso

Tabla 2-18 Clasificación de equipos y componentes

CLASIFICACION DE EQUIPOS Y COMPONENTES						
Nivel de criticidad dentro de el proceso		Volteadora	Minicompactor	Trituradora Voluminosos	Criba Tambor	Chipeadora
Clasificación por	Funcion	3	3	3	4	3
	Tipo de Residuo	1	6	3	4	4
	Etapas del Proceso	1	1	4	4	4
	Criticidad y Frecuencia de mantenimiento	4	2	3	2	4
	Capacidad y Rendimiento	3	2	3	3	3
	Nivel de criticidad	12	14	16	17	18

Tabla 2-19 Equipos críticos para el proceso

Nivel de criticidad dentro de el proceso		Equipos criticos	
		Compactadora enfardadora	Mini cargador frontal
Clasificación por	Funcion	3	15
	Tipo de Residuo	6	10
	Etapas del Proceso	3	1
	Criticidad y Frecuencia de mantenimiento	3	3
	Capacidad y Rendimiento	4	3
	Nivel de criticidad	19	32

2.4 IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS MEDIANTE MATRIZ DE RIESGO

La matriz de riesgo se utilizará para identificar y evaluar los riesgos asociados con las máquinas de la planta de reciclaje. Los riesgos considerados incluyen la acumulación de residuos y otros riesgos operativos críticos. La evaluación se basa en la probabilidad (P) de ocurrencia y el impacto (I) del riesgo. El riesgo total (R) se calcula como el producto de la probabilidad y el impacto ($R = P \times I$).

Leyenda:

Probabilidad (P): 1 = Muy baja, 2 = Baja, 3 = Media, 4 = Alta, 5 = Muy alta

Impacto (I): 1 = Insignificante, 2 = Menor, 3 = Moderado, 4 = Mayor, 5 = Catastrófico

Riesgo ($R = P \times I$): Riesgo bajo: 1-4, Riesgo moderado: 5-9, Riesgo alto: 10-15, Riesgo crítico: 16-25

		Matriz de riesgo				
		Probabilidad				
		Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
Impacto		1	2	3	4	5
Insignificante	1	1	2	3	4	5
Menor	2	2	4	6	8	10
Moderado	3	3	6	9	12	15
Mayor	4	4	8	12	16	20
Catastrofico	5	5	10	15	20	25

Tabla 2-20 Matriz de riesgo

Color	Nivel
1 a 4	Riesgo bajo
5 a 9	Riesgo moderado
10 a 15	Riesgo alto
16 a 25	Riesgo critico

Tabla 2-21 Leyenda Matriz de riesgo

Máquina	Modo de Falla	Probabilidad (P)	Impacto (I)	Riesgo (R = P x I)	Medidas Preventivas
Chipeadora	Sobrecarga del motor	3	4	12	Monitoreo de la carga, formación del operador
	Desgaste de cuchillas	4	3	12	Mantenimiento y reemplazo regular de cuchillas
	Acumulación de residuos	3	4	12	Limpieza regular, inspección diaria
Volteadora	Falla del sistema hidráulico	3	5	15	Inspección y mantenimiento regular del sistema hidráulico
	Desgaste de cuchillas	3	3	9	Reemplazo y afilado regular de cuchillas
	Acumulación de residuos	2	4	8	Limpieza regular, monitoreo durante la operación
Minicargador Frontal Eléctrico	Falla del sistema hidráulico	3	5	15	Inspección y mantenimiento del sistema hidráulico
	Desgaste de neumáticos	4	3	12	Inspección y reemplazo regular de neumáticos
	Acumulación de residuos	2	4	8	Limpieza regular, inspección diaria
Mini Compactadora Estacionaria	Falla del motor eléctrico	3	4	12	Mantenimiento eléctrico regular
	Falla del sistema de control	2	3	6	Inspección y actualización regular del sistema de control
	Acumulación de residuos	3	3	9	Limpieza regular, inspección diaria
Compactadora Enfardadora	Falla en el sistema de compactación	3	4	12	Mantenimiento del sistema de compactación
	Atascos en la cámara de compactación	3	3	9	Monitoreo y limpieza regular
	Acumulación de residuos	2	4	8	Limpieza regular, inspección diaria
Trituradora de Voluminosos	Sobrecarga del motor	3	5	15	Monitoreo de la carga, formación del operador
	Desgaste de cuchillas y martillos	4	3	12	Mantenimiento y reemplazo regular de cuchillas y martillos
	Acumulación de residuos	3	4	12	Limpieza regular, inspección diaria
Criba de Tambor	Obstrucción de la malla	4	3	12	Limpieza y monitoreo regular
	Desgaste de rodamientos	3	4	12	Inspección y lubricación regular
	Acumulación de residuos	3	3	9	Limpieza regular, inspección diaria

Tabla 2-22 Modos de falla

CAPÍTULO 3: DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

3 **DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

3.1 **DESARROLLO DE PLAN DE MANTENIMIENTO**

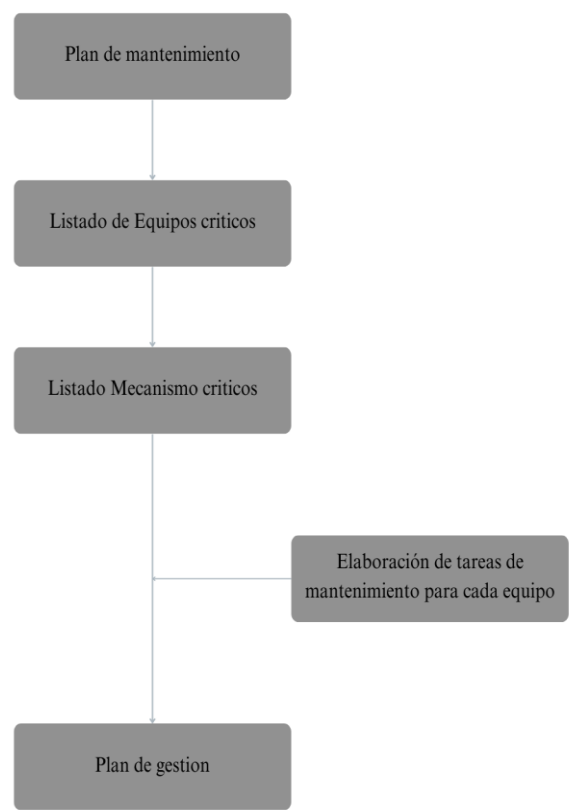


Figura 3-1 Estructura plan de mantenimiento

En este plan de mantenimiento que se realizara, está construido principalmente a partir del plan de mantenimiento basado en instrucciones genéricas, principalmente presentando el listado de equipos críticos, posteriormente los mecanismos críticos, frente a esto la realización de las tareas de mantenimiento correspondientes a cada maquina junto a sus frecuencias, finalmente ser apoyado de un plan de gestión para un ordenamiento de las tareas realizadas.

3.2 ANÁLISIS DE PROCESOS Y EQUIPOS

Luego de identificar que equipos eran críticos en la cadena del proceso, realizamos también una matriz de riesgo para identificar que equipos afectaban más o menos en la acumulación de residuos, para eso, juntamos tanto como la matriz de riesgo y la clasificación de equipos de la cadena de procesos y nos dio como resultado este listado de máquinas, desde la menos crítica a la más crítica.

3.2.1 Listado de equipos críticos

Equipos
Minicompactador
Volteadora
Compactadora enfardadora
Criba de tambor
Chipeadora
Trituradora de voluminosos
Minicargador frontal

Figura 3-2 Listado equipos críticos

Una vez hecha esta lista, este es el orden que se le deberá dar la prioridad a las maquinas en el mantenimiento de ellas. Con esta lista sabemos que equipo puede afectarnos mas al proceso, sus mecanismos críticos para así abordar las respectivas actividades de mantenimiento y principalmente llevar un seguimiento a las maquinas partiendo desde esta base.

3.2.2 Listado de mecanismos críticos

Equipos	Mecanismos criticos
Minicompactador estacionario	Motor electrico, Sistema de compactacion, Controles electronicos, Sistema hidraulico
Volteadora	Rodillos de volteo, Motor y Transmision, Sistema hidraulico, Cuchillas y Paletas
Compactadora enfardadora	Sistema de compactacion, Atado automatico, Motor y Transmision, Controles electronicos, Sistema hidraulico
Criba de tambor	Malla de tambor, Rodamientos, Motor y Transmision, Sistema hidraulico
Chipeadora	Cuchillas de corte, Motor, Sistema de alimentacion, Sistema hidraulico, Correas y poleas
Trituradora de voluminosos	Cuchillas y Martillos, Motor y Transmision, Sistema de alimentacion, Controles electronicos, Sistema hidraulico
Minicargador frontal	Bateria y sistema de carga, Motor electrico, Sistema hidraulico, Sistema de control

Figura 3-3 Listado mecanismos críticos

3.3 DEFINICIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

Luego de haber identificado cuales eran los mecanismos críticos y las maquinas criticas para el proceso en si pasamos a definir las actividades de mantenimiento de una manera correcta y que además sea sostenible, se presenta una tabla con todas las actividades de mantenimiento de las maquinas que deben hacerse durante este periodo. Cabe recalcar que se designaron mediante manual de fabricante. Se deben establecer también además la frecuencia con la que se harán las actividades de mantenimiento, para eso dividiremos los mantenimientos en; diario, semanal, mensual, trimestral y anual. Para eso se realizó una tabla Excel indicando la frecuencia de cada una de las tareas de mantenimiento para cada una de las maquinas.

3.3.1 Actividades de mantenimiento para Minicargador frontal eléctrico G 2200 E

Minicargador frontal electrico G 2200 E					
Tarea	Diaria	Semanal	Mensual	Trimestral	Anual
Inspeccion visual de la bateria y conexiones electricas	X				
Verificacion de niveles de fluidos hidraulicos	X				
Limpieza de residuos y polvo de la cabina del motor	X				
Lubricacion de puntos de pivote y ejes		X			
Inspeccion de la integridad de neumaticos		X			
Verificacion del sistema de carga de la bateria		X			
Inspeccion detallada de la bateria y su estado de carga			X		
Revision del sistema hidraulico para detectar fugas			X		
Prueba de funcionamiento de todos los controles y sistemas electrónicos			X		
Reemplazo de filtros hidraulicos				X	
Inspeccion completa de todos los componentes mecanicos y electricos				X	
Prueba de funcionamiento completa				X	
Reemplazo de la bateria si es necesario					X
Desmontaje y limpieza profunda de todos los componentes principales					X
Revision y calibracion del sistema hidraulico					X

Tabla 3-1 Tareas de mantenimiento Minicargador frontal eléctrico G 2200 E

3.3.2 Actividades de mantenimiento para Chipeadora Bandit Modelo 280XP

Chipeadora Bandit Modelo 280XP					
Tarea	Diaria	Semanal	Mensual	Trimestral	Anual
Inspeccion visual de cuchillas y rodillos de alimentacion	X				
Limpieza de residuos alrededor de las cuchillas y el area de alimentacion	X				
Verificacion de niveles de fluidos (aceite y combustible)	X				
Lubricacion de rodillos de alimentacion y puntos de pivote		X			
Inspeccion y ajuste de la tension de las correas		X			
Verificacion de la integridad de las mangueras hidraulicas		X			
Revision y afilado de cuchillas			X		
Inspeccion del sistema hidraulico para detectar fugas			X		
Verificacion del estado del motor y sus componentes electricos			X		
Reemplazo de filtros de aire y aceite				X	
Inspeccion detallada de todos los componentes mecanicos				X	
Prueba de funcionamiento completa				X	
Desmontaje y limpieza profunda de la maquina					X
Reemplazo de componentes criticos como cuchillas y rodamientos					X
Revision y calibracion del sistema hidraulico					X

Tabla 3-2 Tareas de mantenimiento Chipeadora Bandit Modelo 280XP

3.3.3 Actividades de mantenimiento para Volteadora SGF 201 EL

Volteadora SGF 201 EL					
Tarea	Diaria	Semanal	Mensual	Trimestral	Anual
Inspección visual de tambores y cuchillas	X				
Limpieza de residuos alrededor de los tambores	X				
Verificación de niveles de aceite hidráulico	X				
Lubricación de puntos de pivote y ejes		X			
Inspección de la integridad de las mangueras y conexiones hidráulicas		X			
Verificación de los tambores y cuchillas por desgaste		X			
Revisión y afilado de cuchillas			X		
Inspección del sistema hidráulico para detectar fugas			X		
Verificación del estado del motor y sus componentes eléctricos			X		
Reemplazo de filtros de aceite hidráulico				X	
Inspección detallada de todos los componentes mecánicos				X	
Prueba de funcionamiento completa				X	
Desmontaje y limpieza profunda de la máquina					X
Reemplazo de componentes críticos como cuchillas y rodamientos					X
Revisión y calibración del sistema hidráulico					X

Tabla 3-3 Tareas de mantenimiento Volteadora SGF 201 EL

3.3.4 Actividades de mantenimiento para Criba de Tambor Might II

Criba de Tambor Might II					
Tarea	Diaria	Semanal	Mensual	Trimestral	Anual
Inspección visual de la malla del tambor	X				
Limpieza de residuos en la malla y alrededores	X				
Verificación de niveles de aceite hidráulico	X				
Lubricación de rodamientos y puntos de pivote		X			
Inspección de la integridad de las mallas y conexiones hidráulicas		X			
Verificación del estado del motor y sus componentes eléctricos		X			
Inspección y ajuste de la malla del tambor			X		
Revisión del sistema hidráulico para detectar fugas			X		
Prueba de funcionamiento de todos los controles y sistemas electrónicos			X		
Reemplazo de filtros de aceite hidráulico				X	
Inspección completa de todos los componentes mecánicos y eléctricos				X	
Prueba de funcionamiento completa				X	
Desmontaje y limpieza profunda del tambor y la malla					X
Reemplazo de componentes críticos como rodamientos					X
Revisión y calibración del sistema hidráulico y eléctrico					X

Tabla 3-4 Tareas de mantenimiento Criba de Tambor Might II

3.3.5 Actividades de mantenimiento para Compactadora Enfardadora Dixi 60S/80S

Compactadora Enfardadora Dixi 60S/80S					
Tarea	Diaria	Semanal	Mensual	Trimestral	Anual
Inspección visual de la cámara de compactación y sistemas de atado	X				
Limpieza de residuos en la cámara de compactación	X				
Verificación de niveles de aceite hidráulico	X				
Lubricación de puntos de pivote y ejes		X			
Inspección de la integridad de las mangueras y conexiones hidráulicas		X			
Verificación del estado de los componentes de atado automático		X			
Inspección y ajuste del sistema de compactación			X		
Revisión del sistema hidráulico para detectar fugas			X		
Prueba de funcionamiento de todos los controles y sistemas electrónicos			X		
Reemplazo de filtros de aceite hidráulico				X	
Inspección completa de todos los componentes mecánicos y eléctricos				X	
Prueba de funcionamiento completa				X	
Desmontaje y limpieza profunda de la cámara de compactación					X
Reemplazo de componentes críticos como el pistón y rodamientos					X
Revisión y calibración del sistema hidráulico y eléctrico					X

Tabla 3-5 Tareas de mantenimiento Compactadora Enfardadora Dixi 60S/80S

3.3.6 Actividades de mantenimiento para Mini compactador estacionario MSP 700

Mini compactador estacionario MSP 700					
Tarea	Diaria	Semanal	Mensual	Trimestral	Anual
Inspección visual de la cámara de compactación y el pistón	X				
Limpieza de residuos en la cámara de compactación	X				
Verificación de niveles de aceite hidráulico	X				
Lubricación de puntos de pivote y ejes		X			
Inspección de la integridad de las mangueras y conexiones hidráulicas		X			
Verificación del estado de los componentes eléctricos		X			
Inspección y ajuste del sistema de compactación			X		
Revisión del sistema hidráulico para detectar fugas			X		
Prueba de funcionamiento de todos los controles y sistemas electrónicos			X		
Reemplazo de filtros de aceite hidráulico				X	
Inspección completa de todos los componentes mecánicos y eléctricos				X	
Prueba de funcionamiento completa				X	
Desmontaje y limpieza profunda de la cámara de compactación					X
Reemplazo de componentes críticos como el pistón y rodamientos					X
Revisión y calibración del sistema hidráulico y eléctrico					X

Tabla 3-6 Tareas de mantenimiento Mini compactador estacionario MSP 700

3.3.7 Actividades de mantenimiento para Trituradora de voluminosos S16D

Trituradora de voluminosos S16D					
Tarea	Diaria	Semanal	Mensual	Trimestral	Anual
Inspección visual de cuchillas y martillos	X				
Limpieza de residuos alrededor de las cuchillas y el área de alimentación	X				
Verificación de niveles de fluidos (aceite y combustible)	X				
Lubricación de rodillos de alimentación y puntos de pivote		X			
Inspección y ajuste de la tensión de las correas		X			
Verificación de la integridad de las mangueras hidráulicas		X			
Revisión y afilado de cuchillas y martillos			X		
Inspección del sistema hidráulico para detectar fugas			X		
Verificación del estado del motor y sus componentes eléctricos			X		
Reemplazo de filtros de aire y aceite				X	
Inspección detallada de todos los componentes mecánicos				X	
Prueba de funcionamiento completa				X	
Desmontaje y limpieza profunda de la máquina					X
Reemplazo de componentes críticos como cuchillas y rodamientos					X
Revisión y calibración del sistema hidráulico					X

Tabla 3-7 Tareas de mantenimiento Trituradora de voluminosos S16D

3.4 ASIGNACIÓN DE RESPONSABILIDADES

La asignación de responsabilidades es una parte importante, ya que todas las tareas que estamos estableciendo para el mejor funcionamiento del proceso en general tendrá que ser llevado a cabo obviamente por los trabajadores que se encuentren dentro de la empresa. Se presenta un diagrama con los cargos de cada trabajador y la tarea que le corresponde a cada uno de ellos en la planta de compostaje.

La cantidad de trabajadores necesarios para operar en el centro de reciclaje con las máquinas mencionadas puede variar según la escala de la operación, en nuestro caso según información obtenida de la empresa Eco Alliance, la cantidad de trabajadores que se van a necesitar es la siguiente:

3.4.1 Operadores de maquinaria

OPERADORES DE MAQUINARIA	
Chipeadora	1 Operador
Volteadora	1 Operador
Cargador frontal	1 Operador
Criba de tambor	1 Operador
Compactadora enfardadora	1 Operador
Mini compactador estacionario	1 Operador
Trituradora de voluminosos	1 Operador

Tabla 3-8 Operadores maquinaria

3.4.2 Personal adicional

Supervisión y gestión

SUPERVISION Y GESTION	
Supervisor de planta	1 Supervisor
Gerente de planta	1 Gerente

Tabla 3-9 Supervisión y gestión

Supervisor de planta para coordinar las operaciones y garantizar el cumplimiento de los procedimientos de seguridad y mantenimiento.

Gerente de planta para la gestión administrativa, planificación y coordinación general.

Mantenimiento:

MANTENIMIENTO	
Tecnicos de mantenimiento	2 Tecnicos

Tabla 3-10 Técnicos de mantenimiento

Técnicos de mantenimiento para el mantenimiento preventivo y correctivo de las máquinas. Podrían trabajar en turnos alternos para cubrir todo el horario operativo.

Personal de apoyo:

PERSONAL DE APOYO	
Trabajadores generales	3 Trabajadores

Tabla 3-11 Personal de apoyo

Trabajadores generales para tareas diversas como limpieza, transporte de materiales dentro de la planta, y apoyo a los operadores de máquinas cuando sea necesario.

Turnos de trabajo:

Si la planta opera en varios turnos (por ejemplo, 24 horas al día), se necesitarían más operadores para cubrir todos los turnos. En ese caso, cada máquina podría necesitar 2 o 3 operadores adicionales para cubrir turnos de 8 horas.

3.4.3 Estimación total

TURNOS DE 8 HORAS	
Trabajadores	Cantidad
Operadores de maquina	7
Supervisor de planta	1
Gerente de planta	1
Tecnicos de mantenimiento	2
Trabajadores generales	3
Total	14

Tabla 3-12 Estimación total trabajadores

Total de trabajadores para un turno de 8 horas es de 14.

IMPLEMENTACIÓN DE PLAN DE GESTIÓN

Se hizo la implementación de un plan de gestión para poder tener una mirada completa de todas las tareas llevadas a cabo para posteriormente realizar un feedback de todo lo que se logró gracias a este plan de gestión.

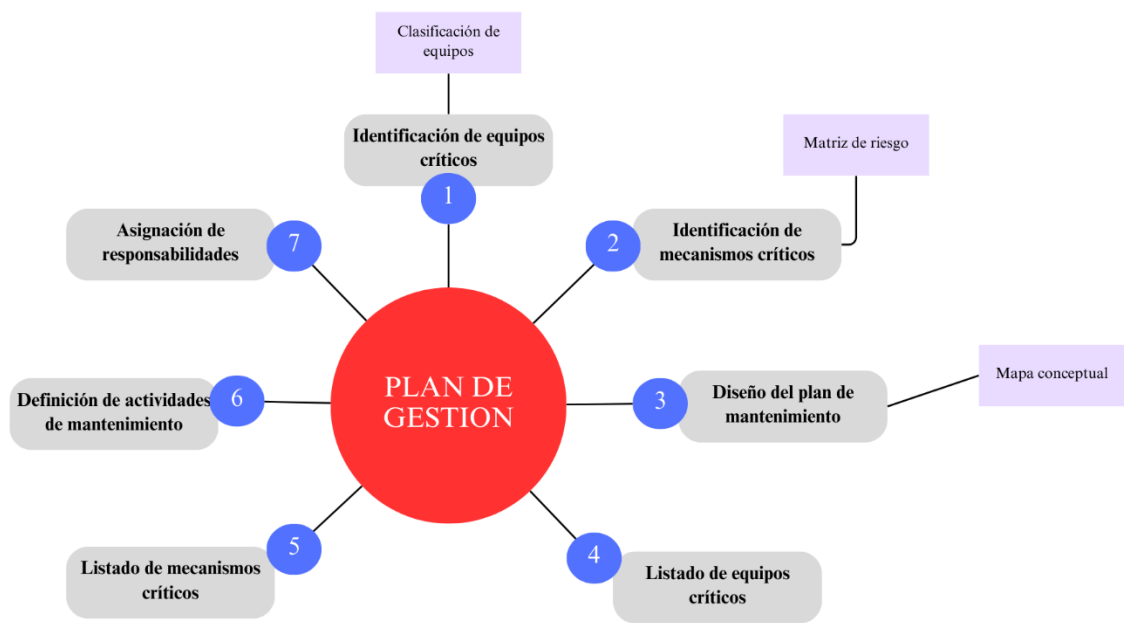


Figura 3-4 Mapa mental Plan de gestión

Es importante luego de realizar todas estas tareas, realizar un mapa mental del plan de gestión, ya que este mismo nos dará un ordenamiento de las tareas realizadas, en caso de haber algún caso puntual que deba modificarse, deberá ser agregado, cambiado o quitado de este plan de gestión.

CAPÍTULO 4: EVALUACIÓN DE IMPACTO ECONÓMICO Y AMBIENTAL

4 EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO Y AMBIENTAL

4.1 EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO

La implementación de un plan de mantenimiento preventivo en una planta de reciclaje puede tener un impacto significativo en la reducción de costos operativos, mejor la eficiencia y prolongación de la vida útil de los equipos. Este análisis se centra en la evaluación del impacto económico considerando factores como trabajadores, maquinaria, insumos y horas hombre. Además, se compara con la situación sin un plan de mantenimiento para estimar el porcentaje de reducción de costos.

4.1.1 Cálculo de Costos

4.1.1.1 Costos sin un Plan de Mantenimiento

Mano de Obra y Costos Relacionados

SALARIOS ANUALES		Valor UF
Trabajadores	Salario c/u en UF	\$ 37.604,00
Operadores de maquina	266	
Supervisor de planta	399	
Gerente de planta	665	
Tecnicos de mantenimiento	319	
Personal de apoyo	213	
Beneficios y otros costos laborales (20%)	372	

Tabla 4-1 Salarios anuales sin un plan de mantenimiento

4.1.1.2 Totales de Salarios

TOTALES DE SALARIOS	
Trabajadores	Salario c/u en UF
Operadores de maquina	1862
Supervisor de planta	399
Gerente de planta	665
Tecnicos de mantenimiento	638
Personal de apoyo	638
Beneficios y otros costos laborales (20%)	840
Total, Mano de obra	5042

Tabla 4-2 Total salarios anuales sin un plan de mantenimiento

4.1.1.3 Costos de Mantenimiento Reactivo:

COSTOS DE MANTENIMIENTO REACTIVO	
Mantenimiento	Valor en UF
Repuestos y servicios de reparacion para 7 maquinas	532
Mantenimiento reactivo (emergencias y fallos)	266
Costos de insumo tales como lubricantes, aceites, etc	266
Acumulacion de residuos (Impacto en procesos)	399
Demoras en el transporte	133
Tiempos de inactividad (200 horas x 1,33 UF/hora)	266
Total	1862
Costos Totales Sin Plan de Mantenimiento	6904

Tabla 4-3 Costos de mantenimiento reactivo

4.1.1.4 Costos con un Plan de Mantenimiento Preventivo

Mano de Obra y Costos Relacionados:

Salarios Anuales (En UF):

SALARIOS ANUALES	
Trabajadores	Salario c/u en UF
Operadores de maquina	266
Supervisor de planta	399
Gerente de planta	665
Tecnicos de mantenimiento	319
Personal de apoyo	213
Beneficios y otros costos laborales (20%)	372

Valor UF
\$ 37.604,00

Tabla 4-4 Salarios anuales con un plan de mantenimiento

4.1.1.5 Totales de Salarios

TOTALES DE SALARIOS	
Trabajadores	Salario c/u en UF
Operadores de maquina	1862
Supervisor de planta	399
Gerente de planta	665
Tecnicos de mantenimiento	638
Personal de apoyo	638
Beneficios y otros costos laborales (20%)	840
Total, Mano de obra	5042

Tabla 4-5 Total salarios anuales con un plan de mantenimiento

4.1.1.6 Costos de Mantenimiento Preventivo

COSTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
Mantenimiento	Valor en UF
Repuestos y servicios de reparacion para 7 maquinas	399
Costos de insumo tales como lubricantes, aceites, etc	266
Reduccion de acumulacion de residuos	133
Mejor fluidez en el transporte	80
Reduccion de tiempos de inactividad	133
Total	1011
Costos Totales Con Plan de Mantenimiento	6053

Tabla 4-6 Costos de mantenimiento preventivo

4.1.1.7 Comparación y Reducción de Costos

COMPARACION Y REDUCCION DE COSTOS	
	Valor en UF
Costos Sin Plan de Mantenimiento	6904
Costos Con Plan de Mantenimiento	6053
Reduccion Absoluta de Costos	851
Porcentaje de Reduccion de Costos	12,33%

Tabla 4-7 Comparación y reducción de costos

Concepto	Sin Plan de Mantenimiento (UF)	Con Plan de Mantenimiento Preventivo (UF)	Reducción Absoluta (UF)	Reducción (%)
Mano de Obra	5042	5042	0	0%
Mantenimiento (Reparaciones/Mantenimiento)	80	399	399	50%
Insumos	266	266	0	0%
Ineficiencia Operativa (Residuos, Transporte, Inactividad)	798	798	452	56.67%
Totales	6904	6053	851	12.33%

Tabla 4-8 Comparación y reducción absoluta

Implementar un plan de mantenimiento preventivo en una planta de reciclaje puede resultar en una reducción significativa de costos operativos, principalmente debido a la disminución de los costos de reparaciones emergentes y la mejora de la eficiencia operativa. En este análisis, se observa una reducción del 12.33% anualmente según nuestros cálculos, cabe recalcar que al seguir con este plan a lo largo del tiempo se espera un aumento en el porcentaje.

4.2 IMPACTO AMBIENTAL Y SOSTENIBILIDAD

Implementar un plan de mantenimiento preventivo en una planta de reciclaje puede tener un impacto ambiental positivo significativo. Este impacto se compara con la situación previa, donde había acumulación de residuos y escasa mantenibilidad de las máquinas. A continuación, se detallan los impactos ambientales específicos:

4.2.1 Impactos Ambientales Positivos con un Plan de Mantenimiento Preventivo

Reducción de la Acumulación de Residuos

a) Mejora de la Eficiencia Operativa:

Los equipos bien mantenidos funcionan de manera más eficiente, procesando residuos de manera más efectiva y reduciendo la acumulación de residuos orgánicos y materiales no deseados.

b) Disminución de Residuos No procesados:

Reducción de la cantidad de residuos que no se procesan debido a fallos mecánicos o ineficiencias operativas. Esto disminuye la cantidad de residuos que se descomponen de manera incontrolada y generan emisiones de metano y otros gases de efecto invernadero.

Disminución de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

a) Reducción de Emisiones de Metano:

La reducción de la acumulación de residuos orgánicos sin procesar disminuye la producción de metano, un potente gas de efecto invernadero, durante la descomposición anaeróbica

b) Mejora de la Eficiencia Energética:

Equipos que funcionan de manera óptima consumen menos energía, lo que reduce las emisiones de CO₂ asociadas con la generación de electricidad y el uso de combustibles fósiles.

Prevención de Contaminación del Suelo y el Agua

c) Reducción de Fugas y Derrames:

Mantenimiento regular de los sistemas hidráulicos y de combustible evita fugas de aceites y otros fluidos que podrían contaminar el suelo y las fuentes de agua cercanas.

c) Manejo Adecuado de Residuos Peligrosos:

Un plan de mantenimiento bien estructurado incluye el manejo y eliminación adecuada de materiales peligrosos, como aceites usados y filtros contaminados, evitando la contaminación ambiental.

Mejora de la Calidad del Aire

a) Reducción de Emisiones de Polvo y Partículas:

Equipos mantenidos adecuadamente generan menos polvo y partículas en suspensión durante la operación, mejorando la calidad del aire en la planta y sus alrededores.

b) Menor Emisión de Gases Tóxicos:

Motores y sistemas de escape bien mantenidos emiten menos gases tóxicos, como monóxido de carbono (CO) y óxidos de nitrógeno (NOx).

Sostenibilidad y Eficiencia de Recursos

a) Prolongación de la Vida Útil de los Equipos:

Equipos que reciben mantenimiento regular tienen una vida útil más larga, lo que reduce la necesidad de fabricar y desechar equipos con frecuencia, disminuyendo el impacto ambiental asociado con la producción y eliminación de maquinaria.

b) Optimización del Uso de Recursos:

La eficiencia operativa mejorada reduce el consumo de recursos como combustible, agua y electricidad, promoviendo una operación más sostenible.

4.2.2 Impactos Ambientales Negativos Sin un Plan de Mantenimiento

Acumulación de Residuos

a) Ineficiencia en el Procesamiento:

Equipos que no reciben mantenimiento adecuado son menos eficientes en el procesamiento de residuos, lo que lleva a una acumulación de residuos orgánicos y no orgánicos.

b) Aumento de Residuos No procesados:

La acumulación de residuos sin procesar contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero, especialmente metano, durante la descomposición anaeróbica.

Aumento de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

a) Mayor Emisión de Metano:

La descomposición incontrolada de residuos orgánicos acumulados genera más metano, aumentando el impacto ambiental negativo.

b) Ineficiencia Energética:

Equipos en mal estado consumen más energía, incrementando las emisiones de CO₂ asociadas con la generación de electricidad y el uso de combustibles fósiles.

Contaminación del Suelo y el Agua

a) Fugas y Derrames Frecuentes:

Falta de mantenimiento lleva a fugas de aceites, combustibles y otros fluidos contaminantes que pueden llegar al suelo y las fuentes de agua cercanas.

b) Manejo Inadecuado de Residuos Peligrosos:

La falta de procedimientos adecuados para manejar y eliminar residuos peligrosos puede llevar a la contaminación ambiental.

Calidad del Aire Comprometida

a) Aumento de Emisiones de Polvo y Partículas:

Equipos desgastados y mal mantenidos generan más polvo y partículas en suspensión, empeorando la calidad del aire.

b) Mayor Emisión de Gases Tóxicos:

Motores y sistemas de escape mal mantenidos emiten más gases tóxicos, como monóxido de carbono (CO) y óxidos de nitrógeno (NOx).

IMPACTO AMBIENTAL			
Impacto ambiental positivo con un plan de mantenimiento		Impacto ambiental negativo sin un plan de mantenimiento	
Reduccion de la acumulacion de residuos	Mejora la eficiencia operativa	Acumulacion de residuos	Ineficiencia en el procesamiento
	Disminucion de residuos no procesados		Aumento de residuos no procesados
Disminucion de emisiones de gases de efecto invernadero	Reduccion de emisiones de metano	Aumento de emisiones de gases de efecto invernadero	Mayor emision de metano
	Mejora de la eficiencia energetica	Contaminacion del suelo y el agua	Ineficiencia energetica
	Reduccion de fugas y derrames		Fugas y derrames frecuentes
	Manejo adecuado de residuos peligrosos	Calidad del aire comprometida	Manejo inadecuado de residuos peligrosos
Mejora la calidad del aire	Reduccion de emisiones de polvo y particulas		Calidad del aire comprometida
	Menor emision de gases toxicos		Mayor emision de gases toxicos
Sostenibilidad y eficiencia de recursos	Prolongacion de la vida util de los equipos		
	Optimizacion del uso de recursos		

Figura 4-1 Impacto ambiental positivo versus negativo

En conclusión, implementar un plan de mantenimiento preventivo en una planta de reciclaje tiene un impacto ambiental positivo significativo en comparación con no tener un plan de mantenimiento. Los beneficios incluyen la reducción de la acumulación de residuos, disminución de emisiones de gases de efecto invernadero, prevención de la contaminación del suelo y el agua, mejora de la calidad del aire y promoción de una operación más sostenible. Estos cambios no solo mejoran la eficiencia operativa de la planta, sino que también contribuyen a la protección del medio ambiente y a la sostenibilidad a largo plazo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Dentro de nuestros objetivos logramos estudiar los procesos de la planta de reciclaje, su maquinaria, identificar los equipos críticos para el proceso y sus componentes, analizamos la información técnica existente, desarrollamos el plan de mantenimiento junto a nuestro plan de gestión, se espera reducir la acumulación de residuos, también los costos operativos, mejora en la eficiencia operativa y un impacto ambiental positivo.

Las recomendaciones a largo plazo nuestras serian mantener el plan de mantenimiento preventivo, monitorear y evaluar continuamente, implementación de tecnologías avanzadas, revisión y actualización periódica del plan, promoción de la cultura del mantenimiento.

La implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la planta de compostaje ha demostrado ser altamente beneficiosa tanto en términos económicos como ambientales. La reducción de la acumulación de residuos, la disminución de costos operativos y las mejoras en la eficiencia operativa son pruebas claras de su efectividad. Mantener y mejorar continuamente este plan es fundamental para asegurar la operación sostenible y eficiente de la planta a largo plazo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. De experiencias, I. y. C. M. (s/f). *medio ambiente y desarrollo*. Cepal.org. Recuperado el 27 de agosto de 2024, de <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/6aa2bf98-7319-4647-aa5b-7ec6ee5d1700/content>
2. Biblioteca del Congreso Nacional. (s/f). *Biblioteca del Congreso Nacional*. www.bcn.cl/leychile. Recuperado el 27 de agosto de 2024, de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1090894>
3. Escuela Técnica Superior de Ingenieros, E. T. S. (s/f). *MEJORA MEDIOAMBIENTAL EN EL MANTENIMIENTO DE VEHÍCULOS EN EMPRESAS DE TRANSPORTE URBANO*. Biblus.us.es. Recuperado el 27 de agosto de 2024, de <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/30219/fichero/Memoria+proyecto.pdf>
4. Cárdenas, Á. (2024, 15 abril). *Mantenimiento industrial sostenible: qué es y sus beneficios*. Secmoti. <https://secmoti.com/mantenimiento-industrial-sostenible-que-es-sus-beneficios/>
5. BioCycle | The Organics Recycling Authority. (2024, 31 agosto). BioCycle. <https://www.biocycle.net/>
6. Ag, K. (2023, 13 septiembre). *Kooima AG® Trner® Composters*. Kooima Ag. https://www.kooimaag.com/kooima-ag-trner-composters?utm_source=biocycle&utm_medium=bannerad&utm_campaign=compost+turners

7. Waste Advantage Magazine. (2021, 14 junio). *Waste Advantage Magazine - Waste & Recycling industry news*. <https://wasteadvantagemag.com/>
8. Admin, & Admin. (2024, 5 mayo). *Clasificación de los residuos orgánicos: Guía completa para una gestión sostenible*. Blog del Medio Ambiente. <https://www.blogdemedioambiente.com/clasificacion-de-los-residuos-organicos/>
9. VOLTA. (2024, 4 agosto). *4 impactos ambientales de un mal manejo de residuos*. <https://www.voltachile.cl/4-impactos-ambientales-de-un-mal-manejo-de-residuos/>
10. *Consecuencias de la generación de residuos - Portal Ambiental de Andalucía - Portal Ambiental de la CSMA*. (s. f.). Portal Ambiental de la CSMA. <https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/areas-tematicas/sensibilizacion-formacion/sensibilizacion-educacion-para-la-sostenibilidad/recapacila/residuos-reciclaje/consecuencias-generacion-residuos>
11. *Trituradoras: 5 tipos y sus principales fallas*. (2024, 15 abril). <https://dynamox.net/es/blog/trituradoras-5-tipos-y-sus-principales-fallas>
12. Wwww.Webseo.Cl. (s. f.). *Fallos comunes en maquinaria y cómo solucionarlos*. Fallos Comunes En Maquinaria y Cómo Solucionarlos. https://develon-ce.cl/novedades/55_-Fallos-comunes-en-maquinaria-y-c%C3%B3mo-solucion.html