



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

NOMBRE DEL PROYECTO

*ELABORACIÓN DE PLANES DE MANTENIMIENTO Y
MATRIZ DE CRITICIDAD PARA LOS ACTIVOS DE LA
EMPRESA ECOCHEM*

OPCIÓN QUE CORRESPONDA

TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA
PROFESIONAL

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA MECATRÓNICA**

PRESENTA

CHRISTIAN ALEJANDRO GONZALEZ VIDAL

NOMBRE DEL ASESOR

M.C. OSCAR MARÍN BAUTISTA

APIZACO, TLAX., MAYO 2026



Instituto Tecnológico de Apizaco
Departamento de Metal Mecánica

Tzompantepec, Tlaxcala, **22/enero/2026**

Oficio No. MM-081/2026

Asunto: Liberación de Proyecto para Titulación Integral.

LIC. CECILIA YARELLY ARREGUIN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para Titulación integral:

Alumno (a):	CHRISTIAN ALEJANDRO GONZÁLEZ VIDAL
Carrera:	INGENIERÍA MECATRÓNICA
No. De Control:	21370660
Nombre del Proyecto:	"ELABORACIÓN DE PLANES DE MANTENIMIENTO Y MATRIZ DE CRITICIDAD PARA LOS ACTIVOS DE LA EMPRESA ECOCHEM".
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL.

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

MTRO. JORGE AGUILAR VÁZQUEZ
JEFE DEL DEPTO. DE METAL-MECÁNICA



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE
METAL MECÁNICA

MTRO. OSCAR MARÍN BAUTISTA
ASESOR

c.p.- Archivo.
JAV*petry.



2026
año de
Margarita
Maza





Tzompantepec, Tlaxcala, **25/Marzo/2026**

CHRISTIAN ALEJANDRO GONZÁLEZ VIDAL
EGRESADO(A) DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
CON NÚMERO DE CONTROL 21370660.
P R E S E N T E.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** y cuyo tema es: **"ELABORACIÓN DE PLANES DE MANTENIMIENTO Y MATRIZ DE CRITICIDAD PARA LOS ACTIVOS DE LA EMPRESA ECOCHEM"**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar **1 USB** del mismo, apropiadamente empastados, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica
Pensar para Servir, Servir para Triunfar




SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
CÉCILIA YARELY ARREGUÍN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ccp. Archivo
CYAL/Gvm*



Agradecimientos

Me gustaría agradecer principalmente a mis padres, quienes me han apoyado y brindado la oportunidad para poder avanzar y crecer profesionalmente, me han alentado y motivado a seguir adelante; al igual agradecer a mis amigos más cercanos, profesores que fungieron en mi etapa académica y hasta la actualidad como ejemplos a seguir, brindando valores y fomentando la mejora continua y el crecimiento personal e intelectual.

Resumen

El presente proyecto de residencias profesionales aborda el diseño, documentación, creación de plantillas e implementación de estrategias de mantenimiento orientadas a los activos operativos de ECOCHEM. Dada la reciente creación de la empresa y su rápido crecimiento productivo, se identificó la necesidad de establecer procedimientos formales que garantizaran continuidad operativa, reducción de fallas y disponibilidad de equipos críticos.

A través de un análisis técnico de los equipos de producción, se elabora una matriz de refacciones críticas, procedimientos de mantenimiento preventivo, diagnósticos operativos por máquina y una propuesta de mejora integral para la gestión de activos. Los resultados obtenidos permiten a la empresa contar con un marco técnico que reduce la variabilidad operativa, mejora la seguridad y optimiza la eficiencia del proceso productivo.

Índice

Liberación de Proyecto para Titulación Integral	1
Autorización de Impresión	2
Agradecimientos	3
Resumen	4
Índice de Figuras	6
Índice de Tablas	8
I. Generalidades del Proyecto.....	9
Introducción	9
Descripción de la empresa u organización y del puesto o área de trabajo del estudiante	10
Problemas a resolver, priorizándolos	11
Objetivos	12
<i>Objetivo General</i>	<i>12</i>
<i>Objetivos Específicos</i>	<i>12</i>
Justificación	13
II. Marco Teórico	14
Marco Teórico (fundamentos teóricos).....	14
<i>Activos Área De Producción</i>	<i>14</i>
<i>Contexto De Actividades Desarrolladas</i>	<i>35</i>
III. Desarrollo	38
Procedimiento y descripción de las actividades realizadas	38
IV. Resultados	39
Análisis De Criticidad De Los Activos	39
Creación de la Sabana de Mantenimiento	41
Matriz de Refacciones y Consumo Energético de los Activos	43
Consumo Energético de los Activos	45
Resultados del Consumo.....	46
Procedimientos de mantenimiento	48
V. Conclusiones	66

Conclusiones de Proyecto	66
Recomendaciones	66
Experiencia Personal Profesional Adquirida	67
VI. Competencias Desarrolladas	68
Competencias Desarrolladas y/o Aplicadas	68
VII. Fuentes de Información	69
Fuentes de Información	69
VIII. Anexos	71
Anexo 1 Análisis De Criticidad De Los Activos De ECOCHEM.....	71
Anexo 2 Sabana De Mantenimiento (Calendarización Completa En Excel).....	72
Anexo 3 Ayuda Visual General De Los Procedimientos De Mantenimiento En Excel	74
Anexo 4 Cotización De Llaves Españolas	74

Índice de Figuras

Figura 1 Vista satelital de la empresa ECOCHEM (Google Earth, 19°29'31"N 98°02'59"W).....	10
Figura 2 Máquina clasificadora de color y etiqueta multiusos (ejemplo visual similar no idéntico a la de la empresa).....	15
Figura 3 Plástico PET tipo hojuela.	16
Figura 4 Compresor volumétrico en la segunda mitad del siglo XIX por el Ingeniero George Brayton.	17
Figura 5 Compresor de Doble Pistón de la empresa ECOCHEM.	19
Figura 6 Compresor de tornillo de la empresa ECOCHEM.	19
Figura 7 Patín hidráulico transpaleta Truper (capacidad de carga de 2ton).	20
Figura 8 Apilador semi-eléctrico de 1.2ton.	22
Figura 9 Indicador Electrónico y Plataforma marca Rhino de la empresa ECOCHEM.....	23
Figura 10 Tablero de control eléctrico y su distribución general.	25
Figura 11 Tablero de control eléctrico del siglo XIX.	26
Figura 12 Tablero de control eléctrico con panel HMI del año 2020.	27
Figura 13 Motor eléctrico trifásico general.....	28
Figura 14 Bazuca Para Material (Transportador Helicoidal).....	30
Figura 15 Tornillo rotatorio (sin fin).....	30

Figura 16 Montacargas marca Heli de 1.2t a 4.5m	32
Figura 17 Matriz de criticidad de los activos de la empresa ECOCHEM.....	39
Figura 18 Análisis de criticidad de los activos de la empresa ECOCHEM.....	40
Figura 19 Parte 1. Programa de mantenimiento de los activos de ECOCHEM en el área de producción.....	41
Figura 20 Listas desplegables de algunos parámetros del programa de mantenimiento.....	42
Figura 21 Parte 2. Programa de mantenimiento de los activos de la empresa ECOCHEM en el área de producción.....	42
Figura 22 Opciones de cada columna.....	43
Figura 23 Parte 1. Refacciones críticas de los activos de la empresa ECOCHEM.....	43
Figura 24 Parte 2. Refacciones críticas de los activos de la empresa ECOCHEM.....	44
Figura 25 Parte 3. Refacciones críticas de los activos de la empresa ECOCHEM.....	45
Figura 26 Parte 1. Plantilla de mantenimiento para la maquina clasificadora de color y etiqueta.....	48
Figura 27 Parte 2. Plantilla de mantenimiento para la maquina clasificadora de color y etiqueta.....	49
Figura 28 Parte 1. Plantilla de mantenimiento para el compresor de doble pistón a 10hp.....	50
Figura 29 Parte 2. Plantilla de mantenimiento para el compresor de doble pistón a 10hp.....	51
Figura 30 Parte 3. Plantilla de mantenimiento para el compresor de doble pistón a 10hp.....	52
Figura 31 Parte 4. Plantilla de mantenimiento para el compresor de doble pistón a 10hp.....	53
Figura 32 Parte 5. Plantilla de mantenimiento para el compresor de doble pistón a 10hp.....	54
Figura 33 Parte 6. Plantilla de mantenimiento para el compresor de doble pistón a 10hp.....	55
Figura 34 Parte 1. Plantilla de mantenimiento para el compresor de tornillo a 15hp.....	55
Figura 35 Parte 2. Plantilla de mantenimiento para el compresor de tornillo a 15hp.....	56
Figura 36 Parte 3. Plantilla de mantenimiento para el compresor de tornillo a 15hp.....	57

Figura 37 Parte 1. Plantilla de mantenimiento para el patín hidráulico transpaleta.	57
Figura 38 Parte 2. Plantilla de mantenimiento para el patín hidráulico transpaleta.	58
Figura 39 Parte 3. Plantilla de mantenimiento para el patín hidráulico transpaleta.	59
Figura 40 Parte 4. Plantilla de mantenimiento para el patín hidráulico transpaleta.	60
Figura 41 Parte 1. Plantilla de mantenimiento para el apilador semi-eléctrico de 1.2 ton.	60
Figura 42 Parte 2. Plantilla de mantenimiento para el apilador semi-eléctrico de 1.2 ton.	61
Figura 43 Plantilla de mantenimiento para la Bascula Rhino (Indicador Electrónico y Plataforma.	62
Figura 44 Plantilla de mantenimiento para el tablero de control eléctrico.	63
Figura 45 Parte 1. Plantilla de mantenimiento para la bazuca de 4m y motor eléctrico trifásico de 1hp y su banda, y para bazuca con tolva de 2m y motor eléctrico trifásico de 2hp y su banda.	64
Figura 46 Parte 2. Plantilla de mantenimiento para la bazuca de 4m y motor eléctrico trifásico de 1hp y su banda, y para bazuca con tolva de 2m y motor eléctrico trifásico de 2hp y su banda.	65
Figura 47 Anexo 1. Análisis de criticidad (criterios fundamentales).	71
Figura 48 Anexo 1. Matriz de Criticidad con teoría.	71
Figura 49 Anexo 1. Análisis de criticidad de los activos de ECOCHEM visto desde Excel.	72
Figura 50 Anexo 2. Programa de Mantenimiento parte principal vista desde Excel.	72
Figura 51 Anexo 2. Calendarización y conteo de mantenimientos.	73
Figura 52 Plantillas de mantenimiento de lo activos de ECOCHEM y su vista general desde Excel.	74
Figura 53 Anexo 4. Cotización de llaves españolas para la empresa ECOCHEM.	74

Índice de Tablas

Tabla 1 Resultados teóricos por máquina/equipo.	46
Tabla 2 Resultados reales por máquina/equipo.	46
Tabla 3 Comparación entre valores teóricos y valores reales.	47

I. Generalidades del Proyecto

Introducción

Dado que la empresa ECOCHEM cuenta con tan solo algunos meses de operación y se encuentra en pleno proceso de consolidación, la organización aún carece de procedimientos formales y estables de mantenimiento. Esta ausencia de lineamientos estructurados representa un riesgo directo para la continuidad del proceso productivo, ya que cualquier falla inesperada, desgaste prematuro o necesidad de reemplazo de refacciones puede derivar en paros no programados, pérdidas operativas y disminución en la eficiencia global del sistema. Bajo este contexto, la implementación de estrategias de mantenimiento calendarizadas y la preparación ante eventos no programados se vuelven imperativos para garantizar la disponibilidad de los activos y preservar la estabilidad operativa de la empresa.

El mantenimiento industrial, desde una perspectiva ingenieril, no solo se limita a corregir fallas, sino que constituye un conjunto de actividades sistemáticas orientadas a conservar la integridad funcional de los equipos, optimizar los recursos y mejorar la confiabilidad del proceso. En empresas jóvenes como ECOCHEM, donde el crecimiento operativo suele adelantarse a la estructura técnica, contar con procedimientos claramente definidos es un factor determinante para evitar la recurrencia de fallas, reducir la variabilidad del proceso y asegurar una producción continua y segura.

En este documento se dan a conocer diferentes herramientas técnicas orientadas a fortalecer el sistema de mantenimiento de la empresa. Entre ellas se incluyen: el análisis y matriz de criticidad de activos, la sábana de mantenimiento (que integra la calendarización de actividades programadas y no programadas), la matriz de refacciones críticas, la evaluación de consumos energéticos reales y teóricos, así como la elaboración de procedimientos específicos de mantenimiento, representados en una plantilla especial para los equipos del área de producción. Todo este trabajo se construyó a partir de un enfoque metodológico centrado en la gestión de activos, el análisis técnico de los equipos y la necesidad de establecer bases sólidas para un sistema de mantenimiento preventivo, escalable y adaptable al crecimiento futuro de ECOCHEM.

Con ello, este proyecto contribuye a sentar las bases de un sistema de mantenimiento confiable, documentado y alineado con las necesidades reales de la empresa, permitiendo que ECOCHEM avance hacia una operación más eficiente, segura y estructurada.

Descripción de la empresa u organización y del puesto o área de trabajo del estudiante

El nombre de la empresa es ECOCHEM, es una empresa con una misión sustentable en su proceso productivo, la empresa es dedicada a la clasificación, selección y distribución de PET tipo cristalino principalmente, apoyándose de una maquina clasificadora de color y etiqueta apoyada con Inteligencia Artificial. La empresa ECOCHEM se encuentra en una etapa de crecimiento y consolidación, con un gran panorama para continuar evolucionando y mejorando sus procesos.

Información de la empresa:

- ✓ **Misión de la empresa:** Contribuir activamente al cuidado del medio ambiente mediante la transformación y aprovechamiento responsable de materiales reciclables, ofreciendo soluciones innovadoras y sostenibles que reduzcan el impacto ambiental, promuevan la economía circular.
- ✓ **Teléfono:** 241 6887958
- ✓ **Giro:** Privado.
- ✓ **Titular de la empresa:** Ing. Juan Martín Chávez Llopis.
- ✓ **Teléfono:** 222 706 2971
- ✓ **Ubicación:** Calle 2 de Abril #30, Ciudad Industrial Xicohtencatl 1, José María Morelos Y Pavón, Tlaxcala. (Dando su vista satelital y sus coordenadas geográficas como se muestra en la Figura 1).

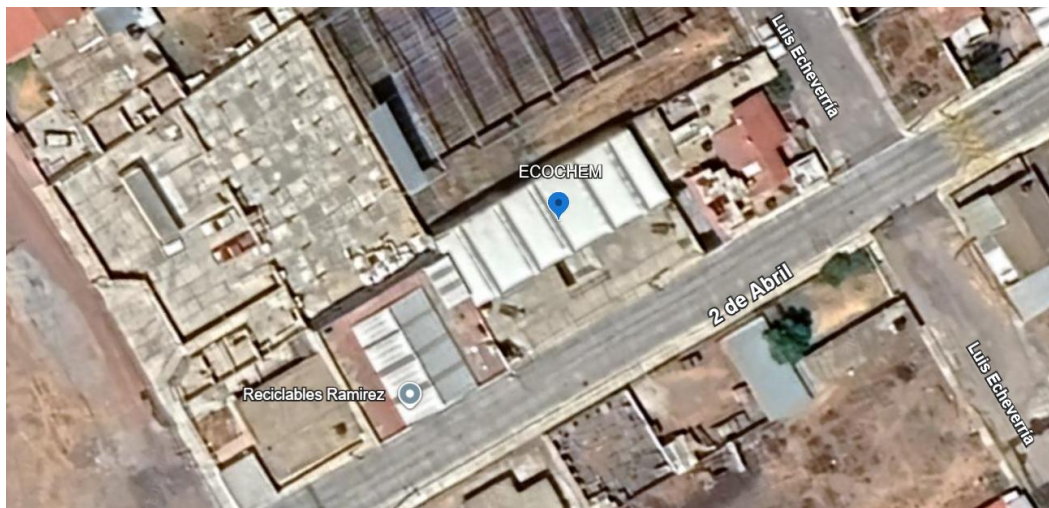


Figura 1 Vista satelital de la empresa ECOCHEM (Google Earth, 19°29'31"N 98°02'59"W).

En cuanto al puesto o área del estudiante, se desenvuelve en el banco de proyectos abarcando el área de mantenimiento; cabe resaltar que la empresa, de

acuerdo con sus políticas de privacidad no permite tomar fotografías para documentar la máquina del proceso principal (clasificadora de color y etiqueta), y algunos de sus activos fueron personalizados con un proveedor, así que no son tan comunes al consumidor o cliente habitual.

Problemas a resolver, priorizándolos

A. Falta de un plan de mantenimiento definido

La empresa aún no cuenta con un esquema formal que indique cuándo y cómo deben atenderse los equipos, lo que aumenta el riesgo de fallas inesperadas.

B. Ausencia de protocolos claros para intervenir los equipos

No existen instructivos o procedimientos estandarizados, lo que provoca variaciones en la calidad del mantenimiento y posibles errores operativos.

C. Desconocimiento sobre refacciones esenciales

ECOChem no tiene identificadas las piezas críticas de cada máquina ni un inventario base para emergencias, lo que puede retrasar reparaciones urgentes.

D. Sin datos reales sobre el consumo energético de los equipos

No se cuenta con mediciones que permitan saber si la maquinaria está trabajando eficientemente o si existe un gasto energético innecesario.

E. Diagnóstico insuficiente sobre la infraestructura de la empresa

Aunque la maquinaria es prioridad, también se necesita evaluar el estado general del edificio e instalaciones para evitar problemas a futuro.

F. Falta de una calendarización formal del mantenimiento

No existe un cronograma que organice y dé seguimiento a las actividades, lo que dificulta la planeación del personal y los recursos.

G. Riesgo de paros inesperados

La combinación de todos los puntos anteriores puede provocar interrupciones en la operación, afectando la productividad y generando costos adicionales.

Objetivos

Objetivo General

- ✓ Diseñar un plan de mantenimiento preventivo y correctivo para la empresa ECOCHEM.

Objetivos Específicos

- ✓ Elaborar una matriz de criticidad que priorice los equipos de acuerdo con su importancia en la operación.
- ✓ Evaluar los requerimientos de refacciones críticas.
- ✓ Desarrollar una sábana de mantenimiento que detalle las actividades periódicas a realizar.
- ✓ Implementar procedimientos de mantenimiento aplicables a los equipos de la empresa.
- ✓ Extender el plan hacia la infraestructura general de la empresa, asegurando un mantenimiento integral.

Justificación

La empresa ECOCHEM es una organización en etapa de crecimiento y consolidación, lo que implica que sus procesos, equipos y formas de trabajo aún están evolucionando. En este contexto, contar con un plan integral de mantenimiento no solo es una necesidad técnica, sino un elemento fundamental para asegurar la continuidad operativa y la seguridad de los involucrados.

Dado que la empresa no cuenta con mucho tiempo de operación, aún no existe una estructura formalizada que establezca protocolos específicos de mantenimiento para cada uno de sus activos. Esto representa un área de oportunidad importante, ya que la ausencia de lineamientos claros puede provocar fallas inesperadas, paros no programados y un desgaste prematuro de los equipos. Por ello, resulta indispensable diseñar procedimientos precisos para cada activo, definiendo sus requerimientos técnicos y rutinas de intervención, priorizando aquellos que por su función requieren mantenimiento periódico y monitoreo constante.

Además, es importante que la empresa se encuentre preparada para situaciones en las que sea necesario realizar mantenimiento correctivo urgente. Contar con un esquema bien estructurado permitirá responder de manera más rápida y eficiente, reduciendo tiempos de inactividad y evitando que una falla aislada se convierta en un problema mayor dentro del proceso.

Este proyecto también busca sentar las bases para que, conforme ECOCHEM continúe expandiéndose, el mantenimiento no se limite únicamente a la maquinaria principal, sino que se extienda progresivamente hacia la infraestructura general de la empresa. De esta forma, se pretende garantizar un sistema de mantenimiento integral que abarque tanto los activos operativos como las instalaciones, permitiendo un crecimiento ordenado y sostenible.

En conjunto, la elaboración de este plan no solo fortalecerá la confiabilidad y disponibilidad de los equipos, sino que contribuirá al desarrollo organizacional de ECOCHEM, promoviendo una cultura de prevención, eficiencia energética, seguridad operativa y responsabilidad técnica a largo plazo.

II. Marco Teórico

Marco Teórico (fundamentos teóricos)

Activos Área De Producción

Basándose en el área de producción y los activos que se involucran en ella de manera generalizada, se tienen como los involucrados a:

- ✓ Máquina clasificadora de color y etiqueta.
- ✓ Compresores
- ✓ Patín hidráulico de 2ton
- ✓ Apilador semi-eléctrico de 1.2ton.
- ✓ Bascula Rhino (Indicador Electrónico y Plataforma).
- ✓ Tablero de Control Eléctrico.
- ✓ Motor eléctrico trifásico.
- ✓ Bazuca para material (transportador helicoidal).

A continuación, se presenta una descripción de lo que es cada activo y la función que supe dentro de la producción.

Máquina Clasificadora De Color Y Etiqueta

Una máquina clasificadora de color y etiqueta es un equipo automatizado que usa sensores ópticos y cámaras de alta resolución (como CCD o IA) para identificar y separar productos (granos, plásticos, alimentos) basándose en su color, forma, tamaño y defectos, descartando imperfecciones para garantizar calidad, aunque la clasificación por etiqueta requiere sistemas más específicos de escaneo de códigos o RFID. Se usa en agricultura, procesamiento de alimentos y reciclaje para mejorar la eficiencia y calidad del producto final, separando materiales buenos de los malos.

Es crucial en industrias como la textil, alimentaria y farmacéutica, donde la clasificación precisa según color y la correcta aplicación de etiquetas son fundamentales para el control de calidad. Esta máquina ha evolucionado considerablemente a lo largo del tiempo, impulsada por avances en automatización y tecnología de visión artificial.

Primeros Enfoques de Clasificación (Siglo XX)

A principios del siglo XX, la clasificación de colores en la producción era principalmente manual, lo que limitaba la velocidad y precisión. Con el aumento de la producción en masa, especialmente en la industria textil y alimentaria, surgió la necesidad de automatizar este proceso. En las décadas de 1950 y 1960, se introdujeron los primeros sensores fotográficos y máquinas semi-automáticas que

permitieron una clasificación más eficiente, aunque aún requerían intervención humana.

Avances en Automatización (Finales del Siglo XX)

La visión artificial fue un cambio decisivo a finales del siglo XX. Con la introducción de sensores de color y cámaras de alta resolución, las máquinas clasificadoras de color comenzaron a operar de manera autónoma, aumentando la velocidad de producción y la precisión en la clasificación. Estas tecnologías permitieron a las máquinas identificar y clasificar productos por su color de manera mucho más eficiente y con menos errores.

Avances Recientes: Integración y Mejora Continua

Hoy en día, las máquinas clasificadoras de color y etiqueta están completamente integradas con tecnologías digitales y algoritmos inteligentes. Esto permite no solo una clasificación más precisa, sino también una aplicación automatizada de etiquetas que se ajustan al color del producto, mejorando la precisión y optimizando el proceso de producción. El uso de visión artificial avanzada y control de calidad automatizado asegura una clasificación precisa incluso en condiciones de iluminación cambiantes o productos con variaciones de color sutiles.



Figura 2 Máquina clasificadora de color y etiqueta multiusos (ejemplo visual similar no idéntico a la de la empresa).

Aplicaciones comunes

- Industria Alimentaria: Arroz, café, semillas, frutos secos, frutas, verduras (eliminando granos dañados, inmaduros, o piedras).

- Reciclaje: Separación de plásticos por tipo (PET, HDPE) y color en escamas o botellas, así como papel y vidrio.



Figura 3 Plástico PET tipo hojuela.

- Recolección de Residuos: Clasificación automática de basura (plásticos, metales, orgánicos).
- Industria Farmacéutica: Clasificación de pastillas y cápsulas por color y forma.

Tecnologías avanzadas

- Inteligencia Artificial (IA): Permite una clasificación más refinada y adaptada, reconociendo defectos sutiles y tipos específicos de materiales.
- Tecnología NIR (Infrarrojo Cercano): Usada para identificar diferentes tipos de plásticos que el ojo humano no distingue.

Funcionamiento

- Alimentación: El material a clasificar (arroz, café, plástico) se introduce en una tolva y se distribuye uniformemente por vibración.
- Detección Óptica: Pasa por una zona donde cámaras CCD de alta resolución y sensores (a veces NIR para plásticos) escanean cada pieza en milisegundos.
- Análisis: Un procesador analiza la imagen para identificar variaciones de color, defectos (moho, quemaduras), forma o tipo de material auxiliándose de la IA.
- Expulsión: Mediante chorros de aire comprimido, la máquina expulsa rápidamente los objetos no deseados a un canal de rechazo, mientras los productos buenos siguen su camino.

Compresores

¿Qué es un compresor?

Un compresor es un dispositivo de flujo mecánico diseñado para aumentar la presión de un gas reduciendo su volumen. El compresor es el componente principal de los sistemas básicos de refrigeración y suele considerarse el corazón del sistema de refrigeración. Funciona como una bomba para controlar la circulación del refrigerante. El principio básico del funcionamiento del compresor consiste en aspirar un vapor de refrigerante a baja presión y temperatura desde el evaporador y luego comprimirlo a alta presión y temperatura.

Orígenes del Compresor (Siglos XVIII y XIX)

El concepto de compresión de aire no es reciente, y sus raíces se remontan a la Revolución Industrial en el siglo XVIII. Durante este periodo, las primeras máquinas de vapor comenzaron a ser utilizadas en fábricas y en minas, y se hizo evidente la necesidad de generar aire comprimido para una variedad de aplicaciones, desde la operación de herramientas hasta la propulsión de maquinaria pesada.

El primer compresor en un sentido moderno fue desarrollado en la segunda mitad del siglo XIX, cuando el ingeniero George Brayton diseñó un dispositivo que utilizaba la expansión y compresión de gases para mejorar la eficiencia de las máquinas de vapor. Este tipo de compresores tempranos era conocido como *compresores volumétricos*, que consistían en un cilindro y un pistón, y se usaban principalmente para aumentar la presión del aire en aplicaciones industriales.

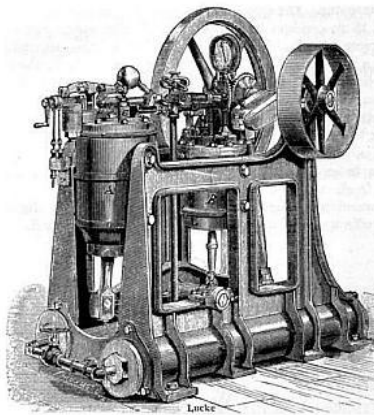


Figura 4 Compresor volumétrico en la segunda mitad del siglo XIX por el Ingeniero George Brayton.

Avances en el Siglo XX: Innovación y Aplicaciones Industriales

Durante el siglo XX, el desarrollo de compresores fue impulsado por la industria de la refrigeración y la automatización. A principios del siglo, se introdujeron los *compresores de tornillo* y *compresores rotativos*, que ofrecían mayores niveles de eficiencia y eran más adecuados para aplicaciones industriales como la refrigeración comercial y la fabricación de aire comprimido.

Además, el uso del compresor se expandió rápidamente en la industria del automóvil, con la invención del *compresor de sobrealimentación (turboalimentado)* que incrementaba la potencia de los motores. Esto revolucionó la industria automotriz, permitiendo la creación de motores más pequeños, pero de mayor rendimiento.

Avances Recientes: Compresores Eficientes y Ecológicos

En las últimas décadas, la tendencia ha sido hacia compresores más eficientes, con un enfoque en la reducción de consumo energético y la sostenibilidad ambiental. Esto ha impulsado la investigación en tecnologías de compresión sin aceite y el uso de nuevos refrigerantes en los sistemas de refrigeración para reducir el impacto ambiental. La automatización y control digital de los sistemas de compresión también han permitido la integración de los compresores en procesos industriales más complejos, donde la capacidad de regular la presión de manera precisa y a distancia es crucial para mejorar la eficiencia operativa y reducir costos.

Tipos de Compresores

- **Compresores Alternativos (Pistón):** Funcionan mediante la acción de un pistón que se mueve hacia adelante y hacia atrás dentro de un cilindro. Durante la compresión, el volumen del aire disminuye y, por ende, su presión aumenta.
- **Compresores Rotativos:** Utilizan un tornillo o un rotor para comprimir el aire. Los compresores de tornillo, por ejemplo, tienen dos roscas helicoidales que giran y comprimen el aire entre ellas. Este tipo de compresor es muy eficiente y se usa ampliamente en aplicaciones industriales de gran capacidad.
- **Compresores Centrífugos:** Funcionan mediante un rotor que impulsa el aire hacia el exterior, utilizando la fuerza centrífuga para aumentar la presión del aire. Son usados principalmente en grandes instalaciones industriales y de HVAC (calefacción, ventilación y aire acondicionado).

Compresor de Doble Pistón

Es un tipo de compresor de aire que usa dos pistones (émbolos) dentro de cilindros para comprimir aire de manera más eficiente, a menudo trabajando en tándem o en etapas, ya sea para obtener mayor flujo de aire (como en modelos portátiles para vehículos) o mayor presión (en aplicaciones industriales), comprimiendo el aire en dos fases sucesivas para reducir la carga térmica y aumentar el rendimiento.



Figura 5 Compresor de Doble Pistón de la empresa ECOCHEM.

Ventajas

- **Mayor eficiencia:** Comprimir en etapas reduce la temperatura del aire, lo que disminuye la carga térmica y el desgaste.
- **Menor mantenimiento:** Menor desgaste se traduce en menores costos de mantenimiento a largo plazo.
- **Mayor rendimiento:** Obtiene presiones más altas o un mayor flujo de aire que un compresor de una etapa equivalente.

Compresor de Tornillo

Un compresor de tornillo es un tipo de máquina que utiliza dos rotores helicoidales (tornillos) para comprimir aire u otros gases. A medida que estos rotores giran, atrapan el gas y lo mueven a través de la cámara de compresión, reduciendo gradualmente su volumen y aumentando su presión para un suministro de aire constante y continuo.



Figura 6 Compresor de tornillo de la empresa ECOCHEM.

Ventajas

- **Funcionamiento continuo:** Permite operar sin necesidad de paradas para enfriarse.
- **Menos ruido y vibración:** Su diseño reduce el ruido y la vibración en comparación con otros tipos de compresores.
- **Menor mantenimiento:** Requiere menos mantenimiento debido a su menor número de piezas móviles.
- **Versatilidad:** Se adapta a una amplia gama de aplicaciones, desde pequeñas hasta grandes instalaciones industriales.

Patín Hidráulico Transpaleta De 2ton

Un patín hidráulico de 2 toneladas (2ton) es una herramienta manual de logística usada para levantar y mover cargas pesadas (hasta 2000 kg) en almacenes, tiendas o fábricas, utilizando un sistema hidráulico para elevar pequeñas alturas y facilitar el transporte de tarimas con poco esfuerzo, ideal para movimiento a corta distancia. Su diseño incluye dos horquillas que se deslizan bajo la tarima, una bomba de pie o palanca para elevarla y ruedas para moverla.



Figura 7 Patín hidráulico transpaleta Truper (capacidad de carga de 2ton).

Un patín hidráulico ahorra tiempo y esfuerzo al momento de transportar mercancía de un lugar a otro por lo que cada vez son más utilizados.

Primeros Patines Manuales (Siglo XX)

El concepto de transporte manual de cargas existe desde los primeros días de la industrialización. Sin embargo, los primeros patines hidráulicos se desarrollaron a mediados del siglo XX como una solución a las limitaciones de los carretillos manuales. Antes de su invención, las cargas pesadas se movían principalmente con equipos rudimentarios y la intervención manual era costosa y agotadora.

La incorporación del mecanismo hidráulico en los patines permitió a los operarios levantar cargas de hasta 2.5 toneladas sin esfuerzo físico significativo, lo que aumentó la productividad y redujo el riesgo de lesiones laborales. El sistema hidráulico aprovechaba la fuerza de un pistón para elevar y bajar las horquillas de manera eficiente y con poco esfuerzo.

Evolución y Mayor Eficiencia (Décadas de 1960 y 1970)

A partir de los años 60 y 70, los patines hidráulicos transpaletas se fueron perfeccionando, especialmente en términos de capacidad de carga y durabilidad. Se comenzaron a fabricar con materiales más ligeros y resistentes, como acero inoxidable y aluminio, lo que permitió hacerlos más robustos y ligeros al mismo tiempo.

El diseño también mejoró en términos de ergonomía, haciendo los mangos más cómodos para los operarios y facilitando el manejo del equipo. Esto fue un paso importante, ya que permitió a los trabajadores operar el equipo durante más tiempo sin agotarse o sufrir lesiones.

Integración de Tecnología y Automatización (Finales del Siglo XX y XXI)

Con la automación y el avance de las tecnologías hidráulicas, los patines hidráulicos transpaletas modernos ahora incluyen características como sistemas de regulación de velocidad y sensores de peso, lo que permite un manejo más eficiente y seguro de las cargas. La incorporación de ruedas de goma o ruedas de poliuretano de alta calidad también permitió un uso más eficiente en suelos de diferentes tipos y condiciones, reduciendo el desgaste y mejorando la maniobrabilidad.

En el siglo XXI, algunas versiones de estos equipos incorporan sistemas eléctricos o automáticos que permiten el levantamiento y desplazamiento de la carga sin necesidad de intervención humana directa, lo que es un paso hacia la automatización total en almacenes y centros de distribución.

Apilador Semi-Eléctrico De 1.2ton

Un Apilador Semi-Eléctrico de 1.2 Toneladas es un equipo de manejo de carga que combina elevación eléctrica con transporte manual, diseñado para mover y apilar tarimas con peso de hasta 1.2 toneladas (1200 kg) en espacios reducidos, ideal para almacenes pequeños o medianos, ofreciendo eficiencia y un menor esfuerzo para el operario al no requerir fuerza para levantar, únicamente el operario empuja o jala el apilador manualmente para moverlo.



Figura 8 Apilador semi-eléctrico de 1.2ton.

Primeros Apiladores Manuales (Inicios del Siglo XX)

Los primeros sistemas de apilado de materiales se basaban en carretillas manuales o patines hidráulicos, que solo eran capaces de mover y levantar cargas en terrenos planos. No obstante, a medida que las operaciones de almacenamiento y distribución aumentaron, surgió la necesidad de herramientas más especializadas y eficientes para apilar materiales a alturas mayores.

En los años 50 y 60, aparecieron las primeras máquinas apiladoras manuales, que eran versiones simples con un sistema hidráulico para elevar cargas. Estas máquinas eran limitadas en cuanto a la capacidad de carga y la eficiencia, ya que los operarios necesitaban mucha fuerza para accionar el sistema de elevación y desplazamiento.

Avances en Tecnología Eléctrica (Décadas de 1970-1980)

Con el paso del tiempo y la creciente demanda de eficiencia, los apiladores eléctricos comenzaron a desarrollarse. A partir de la década de 1970, se introdujeron sistemas eléctricos de elevación, que permitieron levantar cargas con solo presionar un botón, eliminando la necesidad de esfuerzo manual para elevar las mercancías. Sin embargo, muchos de estos equipos requerían aún que los operarios empujaran o guiaran la máquina manualmente, lo que podía generar fatiga durante su uso prolongado.

El apilador semi-eléctrico surgió como una solución intermedia, en la cual solo el sistema de elevación era eléctrico, mientras que la movilidad horizontal continuaba siendo manual. Este diseño permitió combinar la potencia eléctrica con la fuerza humana, haciendo que el apilador fuera más accesible y económico para pequeñas y medianas empresas.

Mejoras y Nuevas Funciones (Siglo XXI)

A medida que la tecnología avanzaba, los apiladores semi-eléctricos de 1.2 toneladas comenzaron a integrar características adicionales, como baterías de mayor duración, sistemas de carga rápida y controles más ergonómicos. Estas mejoras han hecho que los apiladores sean más eficientes, seguros y fáciles de operar, lo que los convierte en una opción ideal para aplicaciones en almacenes de alto rendimiento, donde el espacio y la velocidad de operación son críticos.

El uso de sensores de proximidad y sistemas de control de velocidad también ha aumentado la seguridad y la facilidad de manejo, minimizando el riesgo de accidentes durante la operación. La mejora en los materiales y la tecnología de las baterías ha permitido que los apiladores semi-eléctricos sean más duraderos y eficientes, reduciendo los costos operativos y aumentando la vida útil del equipo.

Bacula Rhino (Indicador Electrónico y Plataforma)

Es una herramienta crucial en el control de peso de mercancías y materiales en sectores como la logística, industria alimentaria, transporte, y comercio al por mayor. Esta báscula combina la precisión de la medición electrónica con la robustez de una plataforma de acero, ofreciendo una solución fiable y duradera para el pesaje de grandes volúmenes de productos. Su evolución ha sido influenciada por el avance de la tecnología electrónica y la mejora de los sistemas de medición digital.



Figura 9 Indicador Electrónico y Plataforma marca Rhino de la empresa ECOCHEM.

Primeras Básculas Mecánicas (Siglo XIX)

El concepto de pesaje de mercancías tiene sus raíces en la antigüedad, pero las primeras básculas mecánicas que utilizaban sistemas de palanca y pesas datan del siglo XIX. Estos sistemas eran bastante simples y requerían que el operador ajustara las pesas manualmente para determinar el peso de un objeto. Las

básculas de plataforma comenzaron a ganar popularidad en las industrias de la transportación y el comercio a medida que aumentaba el volumen de mercancías.

Aunque precisas, estas básculas mecánicas eran propensas al desgaste y podían ser difíciles de calibrar con exactitud a medida que las plataformas se usaban de manera intensiva.

Avances hacia lo Electrónico (Décadas de 1950-1970)

A mediados del siglo XX, la introducción de tecnología electrónica comenzó a transformar las básculas tradicionales. En la década de 1950, comenzaron a desarrollarse los primeros sensores de carga electrónicos, que reemplazaron las pesas manuales por sistemas de celdas de carga. Este cambio permitió medir el peso de manera más precisa, rápida y confiable.

A finales de los años 70, las primeras básculas con indicador electrónico comenzaron a ser comercializadas. Estas básculas estaban equipadas con pantallas digitales que mostraban el peso de manera clara y legible, reemplazando las tradicionales agujas o diales mecánicos.

Desarrollo y Mejoras en la Tecnología Electrónica (1980-2000)

En las décadas de 1980 y 1990, las básculas electrónicas continuaron evolucionando. Los avances en microprocesadores y en tecnología de sensores mejoraron la precisión y la fiabilidad de las mediciones. El indicador electrónico pasó a ser más que un simple dispositivo de visualización del peso, convirtiéndose en un sistema de pesaje digital inteligente. Las características como la calibración automática, compensación de temperatura, y almacenamiento de datos mejoraron la funcionalidad y la eficiencia.

La Báscula Rhino es un claro ejemplo de este tipo de avances, ya que integra un indicador electrónico con funcionalidades avanzadas, como mediciones más rápidas, mayor capacidad de carga y una plataforma más resistente que puede soportar cargas pesadas sin comprometer la precisión de la medición.

Innovaciones Recientes y Características Modernas (2000-Presente)

En el siglo XXI, la tecnología digital en las básculas ha avanzado aún más, con innovaciones como conectividad inalámbrica, sistemas de monitoreo remoto, y almacenamiento de datos en la nube. Las básculas electrónicas modernas, como la Báscula Rhino, ofrecen una alta capacidad de personalización, permitiendo su uso en aplicaciones muy específicas, desde la medición de mercancías en camiones hasta el pesaje en plataformas industriales.

Los sistemas actuales están integrados con software de gestión de pesaje, lo que facilita la monitorización en tiempo real, el registro automático de datos y la generación de informes para cumplir con normativas y garantizar la trazabilidad de los productos.

Además, los indicadores electrónicos ahora son más ergonómicos y permiten programación de distintas unidades de medida (kilogramos, libras, toneladas, etc.), y tienen la capacidad de integrarse con otros sistemas de gestión como sistemas ERP y bases de datos de inventario.

Tablero de Control Eléctrico

Es un componente crucial en la gestión de sistemas eléctricos, utilizado para controlar, proteger y distribuir energía eléctrica a diferentes partes de una instalación industrial. A lo largo de su evolución, estos tableros han incorporado mejoras tecnológicas, tanto en diseño como en funcionalidad, permitiendo una mayor eficiencia, seguridad y automatización en los sistemas eléctricos de fábricas, edificios comerciales y otras infraestructuras.



Figura 10 Tablero de control eléctrico y su distribución general.

Primeros Sistemas de Control Eléctrico (Finales del Siglo XIX)

La electrificación industrial comenzó a finales del siglo XIX, con el desarrollo de las primeras redes eléctricas. Los primeros sistemas de control eléctrico eran rudimentarios y se basaban principalmente en interruptores de baja capacidad y fusibles para proteger los circuitos. No existían sistemas de automatización ni componentes electrónicos avanzados. En este periodo, el control y la distribución de energía eléctrica se realizaba de manera manual y con limitada capacidad de control.

La creación de tableros rudimentarios permitía a los operarios gestionar los sistemas eléctricos de manera básica, pero el control de la energía aún estaba lejos de ser el sistema eficiente y seguro que conocemos hoy en día.



Figura 11 Tablero de control eléctrico del siglo XIX.

Avances en Tecnología Eléctrica y Automatización (Décadas de 1920-1940)

A medida que la industria se expandía durante las primeras décadas del siglo XX, surgió la necesidad de sistemas más avanzados y seguros para gestionar la creciente demanda de energía eléctrica. En la década de 1920, los tableros de control eléctrico comenzaron a incluir interruptores automáticos, fusibles más robustos y dispositivos de protección como los relés de sobrecarga. Estos avances ayudaron a mejorar la seguridad de las instalaciones eléctricas, reduciendo el riesgo de incendios o fallas en los sistemas de distribución de energía.

Durante las décadas de 1930 y 1940, la automatización de los procesos eléctricos también comenzó a tomar forma, con la incorporación de sistemas de control eléctrico más sofisticados que permitían el control remoto y la gestión de circuitos eléctricos de manera más eficiente.

Avances Tecnológicos y Control Digital (1950-1980)

En la segunda mitad del siglo XX, el desarrollo de la tecnología electrónica y los avances en la microelectrónica revolucionaron el diseño de los tableros de control eléctrico. Los sistemas de control pasaron de ser completamente mecánicos y manuales a sistemas electrónicos digitales que permitieron un control más preciso y automatizado.

En la década de 1960, comenzaron a surgir los primeros tableros de control programables, que integraban controladores lógicos programables (PLC). Estos dispositivos permitieron la automatización de los procesos de control y la capacidad de programar los tableros de control para gestionar tareas específicas, lo que facilitó la integración con otros sistemas de la planta.

La digitalización de los sistemas de control permitió, además, una mejor supervisión, diagnóstico y gestión de las instalaciones eléctricas, mejorando tanto la eficiencia energética como la seguridad operativa.

Innovaciones Recientes: Conectividad y Gestión Inteligente (2000-Presente)

En las últimas dos décadas, los tableros de control eléctrico han evolucionado hacia sistemas inteligentes que no solo gestionan la distribución de energía, sino que también están integrados con sistemas de monitoreo remoto, sensores inteligentes y software de gestión de energía. La integración de tecnologías de comunicación digital permite supervisar y controlar los sistemas eléctricos desde ubicaciones remotas, y en tiempo real, lo que optimiza el mantenimiento predictivo y la gestión de la energía.

Los tableros de control eléctricos modernos ahora incluyen interfaces gráficas de usuario (HMI) que facilitan la interacción con los operarios y permiten diagnóstico de fallos o análisis de rendimiento de los sistemas eléctricos con mayor rapidez y precisión.



Figura 12 Tablero de control eléctrico con panel HMI del año 2020.

Motor Eléctrico Trifásico

Es uno de los componentes más utilizados en la industria moderna, gracias a su alta eficiencia, fiabilidad y capacidad para manejar cargas pesadas. Estos motores convierten la energía eléctrica en energía mecánica utilizando un sistema de corriente trifásica, lo que permite el funcionamiento continuo de maquinaria pesada y sistemas de producción a gran escala. Su desarrollo ha sido clave en la industrialización y en la mejora de la eficiencia energética.



Figura 13 Motor eléctrico trifásico general.

Primeras Investigaciones y Motores de Corriente Continua (Siglo XIX)

La historia de los motores eléctricos comenzó con la invención del motor de corriente continua (CC) en el siglo XIX, en los trabajos de pioneros como Michael Faraday y Thomas Edison. Sin embargo, los primeros motores eléctricos eran bastante ineficientes y solo se utilizaban en aplicaciones de baja potencia.

En las primeras etapas, los motores de corriente continua eran limitados en cuanto a su tamaño y capacidad de carga. Aunque revolucionaron la industria al ofrecer una forma de conversión de energía, su mantenimiento y eficiencia no eran comparables con los motores actuales.

Avances en Corriente Alterna y el Motor Trifásico (Finales del Siglo XIX)

El desarrollo de la corriente alterna (CA) fue clave para el avance de los motores eléctricos. A finales del siglo XIX, científicos como Nikola Tesla y George Westinghouse desarrollaron y popularizaron el uso de la corriente alterna trifásica, que permitía una distribución de energía eléctrica más eficiente a largas distancias.

Tesla fue fundamental en la creación del motor eléctrico trifásico en 1887, un avance revolucionario porque la corriente trifásica ofrece varias ventajas sobre la corriente continua, tales como menor pérdida de energía y la posibilidad de generar un campo magnético rotatorio, lo que hace que el motor funcione de manera más eficiente.

Expansión y Uso Industrial (Siglo XX)

A medida que la electricidad se fue expandiendo en todo el mundo a lo largo del siglo XX, los motores eléctricos trifásicos se convirtieron en la tecnología estándar en las aplicaciones industriales. Su alta eficiencia, confiabilidad y capacidad para trabajar con maquinaria pesada permitieron que se instalaran en fábricas,

centrales eléctricas, transportes, maquinaria de construcción y otras áreas industriales.

El motor eléctrico trifásico comenzó a ser la opción preferida para tareas que requerían alta potencia, como en la industria textil, la minería, y la fabricación de productos químicos, debido a que proporcionaba un rendimiento constante y requería menos mantenimiento en comparación con los motores de corriente continua.

Mejoras en Eficiencia y Tecnología (Segunda Mitad del Siglo XX)

A lo largo de la segunda mitad del siglo XX, los motores eléctricos trifásicos se fueron perfeccionando. Se introdujeron materiales más eficientes, como acero laminado y imanes de alta calidad, que mejoraron la eficiencia energética y la durabilidad de los motores. La tecnología de control electrónico, como los variadores de frecuencia (VFD), permitió ajustar la velocidad del motor en función de las necesidades de la aplicación, lo que también contribuyó a una mayor eficiencia energética.

Durante este período, se crearon también motores trifásicos sin escobillas, lo que eliminó las partes móviles que se desgastaban con el tiempo, mejorando aún más la fiabilidad y reduciendo los costos de mantenimiento.

Innovaciones Recientes: Eficiencia Energética y Control Avanzado (Siglo XXI)

En el siglo XXI, los motores eléctricos trifásicos han continuado evolucionando, con un enfoque mayor en la eficiencia energética y el control avanzado. Los variadores de frecuencia y los sistemas de control inteligentes permiten una gestión óptima de la energía, ajustando el rendimiento del motor según las cargas de trabajo. Esto no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también reduce el consumo energético y las emisiones de CO₂.

Los avances en tecnología digital, como los sensores inteligentes, también permiten que los motores se monitoreen en tiempo real para detectar posibles fallas o ineficiencias antes de que ocurran, lo que contribuye a mantenimiento predictivo y reducción de costos operativos.

Bazuca Para Material (Transportador Helicoidal)

Es un equipo utilizado principalmente para mover materiales a granel, como cemento, arena, grano o polvo, desde un punto a otro en un proceso de producción o almacenamiento. Este tipo de sistema se destaca por su eficiencia y flexibilidad al ser capaz de transportar materiales a largas distancias y alturas, y es ampliamente utilizado en industrias como la construcción, alimentación y minería.



Figura 14 Bazuca Para Material (Transportador Helicoidal).

Orígenes de los Transportadores Helicoidales (Siglo XIX)

El transportador helicoidal, también conocido como transportador de tornillo sin fin, fue inventado a mediados del siglo XIX. Se utilizaba principalmente en aplicaciones simples de manejo de granos y otros materiales a granel en pequeñas distancias. El principio básico del transportador helicoidal es el uso de un tornillo rotatorio dentro de un tubo que empuja los materiales hacia adelante a medida que gira, aprovechando la fricción entre el tornillo y los materiales.



Figura 15 Tornillo rotatorio (sin fin).

El transportador helicoidal fue una innovación significativa en comparación con los sistemas anteriores de transporte manual o mediante cintas transportadoras, ya que permitió un transporte continuo y eficiente de materiales con una ocupación mínima de espacio. Además, su diseño sencillo lo hacía fácil de mantener y operar, lo que favoreció su adopción en muchas industrias emergentes de la época.

Avances en Diseño y Aplicaciones Industriales (Siglo XX)

A lo largo del siglo XX, el uso del transportador helicoidal se extendió rápidamente, en especial en la industria agrícola y en la construcción. Con el tiempo, se comenzaron a utilizar para transportar materiales más pesados y en aplicaciones industriales más complejas. En las primeras décadas del siglo XX, las bazucas para material comenzaron a incorporar transportadores helicoidales en sus

diseños para facilitar el transporte de cemento, grava, arena y otros materiales a granel en obras de construcción de gran escala.

En esta época, los avances en materiales como acero y plásticos industriales permitieron la fabricación de tornillos sin fin más robustos y duraderos, capaces de soportar mayores cargas y resistir condiciones extremas de trabajo. Los sistemas de alimentación automática y la integración con otros equipos de manejo de materiales hicieron que la bazuca con transportador helicoidal fuera más eficiente en términos de tiempo y costo.

Mejoras en Eficiencia y Control (Segunda Mitad del Siglo XX)

A medida que la industria de la construcción y otras industrias se modernizaban en la segunda mitad del siglo XX, los sistemas de transportadores helicoidales también se perfeccionaron. En los años 60 y 70, comenzaron a incorporarse sistemas de accionamiento eléctrico, lo que permitió el control automatizado del flujo de materiales y el ajuste de velocidad del transportador helicoidal según las necesidades específicas de cada proceso.

Además, las bazucas se volvieron más versátiles, adaptándose para mover materiales líquidos, pastosos o granulares, lo que aumentó su campo de aplicación. Las mejoras en los materiales de construcción de los tornillos sin fin y en el sellado de los sistemas ayudaron a aumentar la durabilidad y eficiencia de estos equipos, minimizando la pérdida de material y reduciendo el desgaste.

El uso de motores eléctricos de bajo consumo y sistemas de monitorización remota para supervisar el estado de la máquina también ha sido una innovación reciente, permitiendo un mantenimiento más eficiente y reduciendo los tiempos de inactividad.

Montacargas Heli 1.2t a 4.5m

El montacargas HELI de capacidad nominal 1.2 toneladas y altura máxima de elevación 4.5 m pertenece a la familia de equipos de manutención de baja/mediana capacidad orientados a almacenes y maniobras en pasillos relativamente estrechos. Existen variantes eléctricas (con baterías de litio o plomo-ácido) y de configuración triciclo o de tres-ruedas para mejorar la maniobrabilidad. Estos modelos están diseñados para operaciones interiores, manipulación de pallets y carga/descarga a niveles medios de estantería.



Figura 16 Montacargas marca Heli de 1.2t a 4.5m

Su principio del funcionamiento se basa en:

- ✓ **Tracción eléctrica:** motor de tracción alimentado por batería (en las versiones modernas, baterías de litio); convierte energía eléctrica en torque para el desplazamiento.
- ✓ **Sistema de elevación hidráulico:** motor hidráulico o bomba eléctrica acciona cilindros hidráulicos del mástil, que desplazan la horquilla mediante una transmisión de cadenas y rodillos.
- ✓ **Control eléctrico de maniobra:** variadores/controles (AC/curtis o similares) regulan aceleración, frenado regenerativo y control de la bomba hidráulica para un movimiento suave y seguro. Desde el punto de vista energético, la electrónica permite control proporcional del flujo hidráulico y del par de tracción, optimizando eficiencia y protegiendo la estructura.

Componentes principales:

- ✓ **Chasis y contrapeso:** estructura que soporta las cargas y aloja la batería; el contrapeso equilibra la carga en las horquillas.
- ✓ **Mástil (mast):** guía telescópica (simple, doble o triple) que proporciona la elevación hasta 4.5 m; incluye cadenas, poleas y topes de seguridad.
- ✓ **Carro porta horquillas y horquillas:** soporte móvil donde se fijan las horquillas; diseñado conforme a estándares ISO para intercambiabilidad.

- ✓ **Sistema hidráulico:** bomba eléctrica, válvulas de control proporcional y cilindros; regula velocidad de elevación/descenso y suavidad de aterrizaje.
- ✓ **Batería (litio o plomo-ácido):** fuente de energía; versiones con litio incluyen gestión BMS y cargador integrado para carga rápida.
- ✓ **Transmisión y motor de tracción:** normalmente motores eléctricos AC con control electrónico; en modelos semi-eléctricos se combina motor con asistencia hidráulica.
- ✓ **Cabina / puesto de operador:** ergonomía del asiento, panel de control, indicadores de carga y seguridad (alarmas, freno de estacionamiento).

Parámetros operativos y capacidad:

- ✓ **Capacidad nominal:** 1,200 kg colocada en la placa de características, especificada para un centro de carga (ej.: 500 mm).
- ✓ **Altura de elevación:** 4.5 m (altura máxima útil del mástil).
- ✓ **Centro de gravedad y diagrama de cargas:** la capacidad real depende del centro de carga y la elevación. A mayor altura o desplazamiento del centro de carga, la capacidad efectiva disminuye. En ingeniería de manutención se usa el “load chart” del fabricante para determinar capacidades a distintas alturas y desplazamientos.
- ✓ **Estabilidad:** se considera el triángulo de estabilidad (en montacargas de conductor sentado) y el centro de gravedad combinado (vehículo + carga). Debe evitarse el sobre-alcance que desplace el CG fuera del triángulo de estabilidad.

Seguridad:

- ✓ **Inspección diaria:** comprobación de horquillas (grietas, desgaste), condiciones de las ruedas, funcionamiento de frenos, niveles eléctricos e indicadores de batería.
- ✓ **Protecciones del mástil:** topes mecánicos, válvulas anti-caída (en caso de rotura de manguera hidráulica) y amortiguadores para descenso controlado.
- ✓ **Sistemas de parada y alarmas:** interruptor de corte, freno de estacionamiento, indicadores de sobrecarga y alarmas acústicas para marcha atrás.
- ✓ **Formación del operador:** certificación en manejo, interpretación de la placa de carga y procedimientos de emergencia.

- ✓ **Normas y señalización:** cumplimiento de normas locales y de uso en interiores (emisiones, ventilación) cuando aplique.

Ventajas técnico-operativas del HELI 1.2 t (especialmente en versiones eléctricas con litio):

1. **Eficiencia energética y costes operativos:** las variantes con batería de litio permiten cargas rápidas, menores pérdidas y mayor vida útil comparadas con baterías plomo-ácido; esto reduce TCO (coste total de propiedad) por kWh y mantenimiento.
2. **Cero/ bajas emisiones y menor ruido:** idóneo para uso interior (almacenes, cámaras frías), mejora condiciones ambientales y de seguridad laboral.
3. **Maniobrabilidad:** diseño triciclo o configuración compacta permite radios de giro reducidos y operaciones en pasillos angostos. Esto incrementa la productividad en layouts densos.
4. **Control y suavidad en maniobras:** control electrónico y sistemas AC permiten movimientos más precisos, menor desgaste mecánico (arranques suaves, frenado regenerativo).
5. **Flexibilidad de alturas:** 4.5 m es una altura de servicio frecuente en estanterías industriales de mediana altura; suficiente para muchas operaciones logísticas sin necesidad de equipos de mayor porte.

¿Por qué es mejor en comparación a un montacargas a gasolina, diésel o gas?

- ✓ **Eficiencia y productividad:** motores eléctricos con variadores ofrecen mayor eficiencia energética por kW entregado y mejores curvas de par a baja velocidad
- ✓ **Menor mantenimiento preventivo:** ausencia de motor térmico reduce tareas (cambios de aceite de motor, filtros de combustible, ajustes de válvulas), y la opción con litio elimina mantenimiento de agua de baterías. Menos paros por servicio incrementan la disponibilidad.
- ✓ **Seguridad y ambiente de trabajo:** cero emisiones directas, menos calor y ruido, mejorar condiciones en interiores y reducir riesgos asociados a gases combustión y ventilación insuficiente.
- ✓ **Maniobrabilidad en espacios reducidos:** versiones triciclo y diseño de la dirección permiten radio de giro pequeño, ventaja crítica sobre equipos térmicos más largos/ pesados.
- ✓ **Coste total de propiedad (TCO):** aunque la inversión inicial (especialmente en baterías de litio) puede ser mayor, el ahorro en

combustible, mantenimiento y tiempos muertos suele devolver la inversión en horizontes razonables (depende del perfil de uso).

Contexto De Actividades Desarrolladas.

Sábana O Calendarización De Mantenimiento

La calendarización del mantenimiento es un elemento central dentro de la gestión de activos industriales. Su función principal es organizar en el tiempo las actividades de inspección, lubricación, limpieza, ajuste y reemplazo de componentes, de manera que el funcionamiento de los equipos se mantenga dentro de parámetros seguros y eficientes. Autores como Flores y Méndez (2019) señalan que un calendario bien estructurado contribuye directamente a reducir tiempos muertos, evitar paros inesperados y prolongar la vida útil de los componentes críticos.

La creación de una “sábana de mantenimiento” consiste en concentrar, en un solo documento, las tareas que deben ejecutarse en cada periodo (diario, semanal, mensual, semestral y anual). Esta herramienta permite visualizar la carga de trabajo, asignar responsables y asegurar la trazabilidad de las intervenciones. Su utilidad radica en que facilita la toma de decisiones, mejora la organización de los recursos y mantiene un historial que sirve como base para futuras auditorías o programas de mejora continua.

Análisis de criticidad en activos industriales y matriz de criticidad

El análisis de criticidad es un método utilizado para priorizar el mantenimiento de los equipos en función del impacto que tendría su falla sobre la operación, la seguridad y los costos de la organización. Según Amaya, Arango y Betancur (2018), este análisis es fundamental para enfocar los esfuerzos en los equipos que representan un mayor riesgo operativo o económico.

La matriz de criticidad clasifica cada activo mediante criterios como:

- ✓ Consecuencia de la falla (paros productivos, riesgo al personal, costos de reparación).
- ✓ Probabilidad de ocurrencia.
- ✓ Velocidad de degradación o desgaste.
- ✓ Disponibilidad de refacciones.
- ✓ Tiempo de reposición.

El valor obtenido permite posicionar cada equipo en niveles como baja, media o alta criticidad. Esta priorización facilita la asignación de recursos y permite diseñar estrategias de mantenimiento basadas en riesgo, lo cual se traduce en una operación más estable y predecible.

La matriz de criticidad es el resultado visual del análisis previo. Se suele presentar en forma de cuadrante (probabilidad vs. consecuencia) o en una tabla con niveles de prioridad. Esta matriz permite identificar rápidamente qué equipos requieren acciones inmediatas y cuáles pueden recibir mantenimiento programado, para ello se considera:

1. Se evalúa cada equipo según criterios definidos.
2. Se califican los parámetros.
3. Se organiza la información en un sistema matricial.
4. Se clasifican los activos por prioridad: crítica, esencial o secundaria.

Una matriz bien elaborada se convierte en un mapa estratégico para la alta dirección. A lo largo del tiempo facilita auditorías, justifica presupuestos y mejora la gestión de riesgos operativos.

Elaboración de plantillas de mantenimiento preventivo

Los procedimientos de mantenimiento son documentos estructurados que definen paso a paso cómo se debe realizar una actividad técnica de forma segura, eficiente y estandarizada. Representan una guía indispensable para asegurar que las tareas se ejecuten correctamente, independientemente de quién las realice.

Un buen procedimiento incluye:

- ✓ Objetivo de la tarea
- ✓ Alcance
- ✓ Normativa o referencia técnica utilizada
- ✓ Herramientas y materiales necesarios
- ✓ Pasos de ejecución detallados
- ✓ Precauciones de seguridad
- ✓ Criterios de aceptación
- ✓ Evidencias requeridas (fotografías, mediciones, registros)

La elaboración del procedimiento requiere observar la operación real en campo, validar las actividades con técnicos experimentados y documentar las mejores prácticas. Su ejecución, por otro lado, implica disciplina operativa: respetar pasos, cumplir lineamientos, registrar datos y retroalimentar continuamente el documento.

En empresas que están desarrollando su sistema de mantenimiento, estos procedimientos representan una oportunidad para profesionalizar al personal y mejorar la comunicación interna. Permiten que los técnicos trabajen con claridad y seguridad; además, promueven la cultura de estandarización que toda organización necesita para crecer de manera sostenida.

Contar con procedimientos reduce la improvisación, evita riesgos innecesarios y brinda al personal un sentido de estructura y respaldo técnico que mejora su confianza en el trabajo diario.

Matriz de refacciones críticas

La matriz crítica de refacciones es un instrumento que ayuda a identificar qué piezas deben mantenerse en inventario para evitar detenciones prolongadas en la operación. Tal como describen García y Mejía (2017), esta matriz evalúa factores como:

- ✓ Tiempo de entrega de la refacción.
- ✓ Frecuencia de falla del componente.
- ✓ Costo asociado a una posible parada del equipo.
- ✓ Disponibilidad del proveedor.
- ✓ Nivel de impacto operacional.

A partir de estos criterios, se clasifica cada refacción en niveles como: refacciones críticas, importantes o no críticas.

Esta clasificación permite equilibrar los costos de inventario con la necesidad de asegurar la continuidad operacional. En empresas con procesos sensibles, mantener un inventario estratégico es esencial para evitar pérdidas económicas y operativas.

Implementar esta matriz previene pérdidas por paros imprevistos, reduce costos logísticos y facilita negociaciones con proveedores. Con el tiempo, mejora el control y organización del almacén de refacciones.

III. Desarrollo

Procedimiento y descripción de las actividades realizadas

- 1. Se requiere identificar la criticidad de los equipos de acuerdo con su uso y función dentro del proceso productivo de la empresa.**

Para ello se hace un análisis del proceso productivo y se identifica cuáles son los activos que influyen de manera más crítica en el proceso productivo, se recopilan sus datos técnicos e inspecciona su funcionamiento real dentro del proceso.

- 2. Se requiere implementar planes de mantenimiento preventivo y correctivo para los activos de la empresa.**

Para esta situación es necesario elaborar desde cero una plantilla de mantenimiento preventivo y correctivo para poder comunicar a cualquier persona que es lo que se tiene que hacer para poder realizar el mantenimiento respectivo a cada activo.

- 3. Se requiere crear una sábana de mantenimiento que cubra los activos de la empresa para un mejor control y avance en el proceso productivo.**

Con esta herramienta se busca promover el orden, planificar y registrar las tareas de mantenimiento preventivo de los equipos, así como poder documentar cualquier observación que exista durante su inspección y realización, y a futuro poder identificar y predecir actividades no solo preventivas, sino correctivas para poder mantener un proceso productivo continuo y evitar en medida de lo posible los paros de producción no programados.

- 4. Se requiere realizar una matriz de refacciones y de consumo energético para los activos de la empresa.**

Esto permite, en conjunto con las plantillas de mantenimiento, apoyarse y poder identificar de mejor manera desde casos simples hasta casos críticos que puedan presentarse con el paso del tiempo en los activos, para poder identificar que es lo que se tiene, que se necesita y como debe funcionar todo con normalidad.

IV. Resultados

A manera de aclaración, en el caso del Montacargas Heli de 1.2t a 4.5m, aún no se tiene de forma física y es una compra que se hará a la brevedad para agilizar la producción, se pidió que se considerara a lo largo de los resultados en cuanto a el análisis de criticidad y las refacciones críticas.

De acuerdo con el análisis, búsqueda e inspección de la información de los activos de la empresa ECOCHEM, se determina que, al tener los protocolos más relevantes y rutinarios de mantenimiento de los activos de la empresa, es mucho más fácil aprender y anticiparse ante cualquier imprevisto dentro del proceso y funcionamiento de las máquinas/equipos con los que cuenta la empresa.

En primer lugar y de acuerdo con las actividades a realizar, se tiene el análisis de criticidad de los activos, el mismo se realiza utilizando Excel para mayor comodidad y el uso de fórmulas que complementan su elaboración.

Análisis De Criticidad De Los Activos

Inicialmente, la matriz de criticidad, se toman en cuenta parámetros con distintos valores y se crea en base a la frecuencia y a la consecuencia.

		Consecuencia				
		10	20	30	40	50
Frecuencia	1	10	20	30	40	50
	2	20	40	60	80	100
	3	30	60	90	120	150
	4	40	80	120	160	200

Figura 17 Matriz de criticidad de los activos de la empresa ECOCHEM.

Se tiene una lista de los activos que se encuentran dentro del área de producción de la empresa, incluyendo parámetros importantes como: frecuencia de fallas, impacto operacional, flexibilidad operacional, costo de mantenimiento, impacto de seguridad y criticidad. (Ver evidencias de Excel en Anexo 1)

ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS ACTIVOS DE ECOCHEM							Folio del Análisis de Criticidad: AC-0001
Área: Producción							Fecha: dd/MM/0000
Mantenimiento							
#	Equipos o Componentes	Frecuencia de Fallas	Impacto Operacional	Flexibilidad Operacional	Costo de Mantenimiento	Impacto de Seguridad	Criticidad
1	Tablero de control eléctrico	De 6 a 7 fallas al Mes	Paro Total	No dispone de otro equipo	Entre \$2,000 y \$10,000	Daños y lesiones humanos	ALTO
2	Compresor Maryland 10hp	Más de 8 fallas al Mes	Paro Total	No dispone de otro equipo	Más de \$10,000	Daños menores	ALTO
3	Apilador semi-eléctrico de 1.2tn	De 2 a 4 fallas al Mes	Afecta más del 50%	El proceso sigue en funcionamiento	Menos de \$2,000	No causa ningún daño	BAJO
4	Patín Hidráulico	Menor o igual a una falla al Mes	Afecta menos del 50%	El proceso sigue en funcionamiento	Menos de \$2,000	No causa ningún daño	BAJO
5	Transpaleta de 2tn	De 2 a 4 fallas al Mes	Paro Total	No dispone de otro equipo	Más de \$10,000	Daños y lesiones humanos	ALTO
6	Máquina clasificadora de color y etiqueta	Menor o igual a una falla al Mes	Afecta más del 50%	No dispone de otro equipo	Menos de \$2,000	No causa ningún daño	BAJO
7	Bazouca rino de capacidad programable	Menor o igual a una falla al Mes	Paro Total	No dispone de otro equipo	Más de \$10,000	Daños al medio ambiente	MEDIO
8	Motor eléctrico tráfásico de 1hp	Menor o igual a una falla al Mes	Afecta menos del 50%	El proceso sigue en funcionamiento	Entre \$2,000 y \$10,000	Daños al medio ambiente	BAJO
9	Motor eléctrico tráfásico de 2hp	Menor o igual a una falla al Mes	Afecta menos del 50%	El proceso sigue en funcionamiento	Menos de \$2,000	Daños y lesiones humanos	BAJO
10	Bazouca de 4m	Más de 8 fallas al Mes	Paro Total	No dispone de otro equipo	Entre \$2,000 y \$10,000	Daños y lesiones humanos	ALTO
11	Tanque IBC con tarima de 275 galones	De 2 a 4 fallas al Mes	Paro Total	No dispone de otro equipo	Menos de \$2,000	Daños menores	MEDIO
12	Escritorio de madera	Menor o igual a una falla al Mes	No Afecta	Se dispone de otro equipo	Menos de \$2,000	No causa ningún daño	BAJO
13	Silla plegable de plástico	Menor o igual a una falla al Mes	No Afecta	Se dispone de otro equipo	Menos de \$2,000	Daños y lesiones humanos	BAJO
14	Silla de piel tipo ejecutiva	Menor o igual a una falla al Mes	No Afecta	El proceso sigue en funcionamiento	Menos de \$2,000	Daños y lesiones humanos	BAJO
15	Casilleros	Menor o igual a una falla al Mes	No Afecta	El proceso sigue en funcionamiento	Menos de \$2,000	Daños y lesiones humanos	BAJO
16	Juego de llaves allen hansen (1.5mm-10mm)	Menor o igual a una falla al Mes	No Afecta	Se dispone de otro equipo	Menos de \$2,000	No causa ningún daño	BAJO
17	Desarmador plano	Menor o igual a una falla al Mes	No Afecta	Se dispone de otro equipo	Menos de \$2,000	Daños y lesiones humanos	BAJO
18	Desarmador de cruz	Menor o igual a una falla al Mes	No Afecta	Se dispone de otro equipo	Menos de \$2,000	Daños y lesiones humanos	BAJO
19	Flexómetro de 5m	Menor o igual a una falla al Mes	No Afecta	Se dispone de otro equipo	Menos de \$2,000	No causa ningún daño	BAJO
20	Llave ajustable de 8" (período)	Menor o igual a una falla al Mes	No Afecta	El proceso sigue en funcionamiento	Menos de \$2,000	Daños y lesiones humanos	BAJO
21	Pala de plástico de 32oz	Menor o igual a una falla al Mes	No Afecta	El proceso sigue en funcionamiento	Menos de \$2,000	Afecta al medio ambiente sin daños	BAJO
22	Boté de 10L	Menor o igual a una falla al Mes	No Afecta	Se dispone de otro equipo	Menos de \$2,000	Afecta al medio ambiente sin daños	BAJO
23	Tarimas de madera	De 2 a 4 fallas al Mes	Afecta menos del 50%	Se dispone de otro equipo	Entre \$2,000 y \$10,000	Daños y lesiones humanos	BAJO
24	Sacos tipo jumbo de 1.5m	Más de 8 fallas al Mes	No Afecta	Se dispone de otro equipo	Menos de \$2,000	Daños al medio ambiente	BAJO
25	Sacos tipo jumbo de 1.8m	Más de 8 fallas al Mes	No Afecta	Se dispone de otro equipo	Menos de \$2,000	Daños al medio ambiente	BAJO
26	Sacos tipo jumbo de 2m	Más de 8 fallas al Mes	No Afecta	Se dispone de otro equipo	Menos de \$2,000	Daños al medio ambiente	BAJO
27	Exterior	Menor o igual a una falla al Mes	No Afecta	Se dispone de otro equipo	Entre \$2,000 y \$10,000	Daños y lesiones humanos	BAJO
28	Montacargas Eléctrico Hell 1.2t a 4.5m	Menor o igual a una falla al Mes	No Afecta	El proceso sigue en funcionamiento	Más de \$10,000	Daños y lesiones humanos	BAJO

Figura 18 Análisis de criticidad de los activos de la empresa ECOCHEM.

Creación de la Sabana de Mantenimiento

Tomando en cuenta los principales activos que se involucran dentro del área de producción y de los cuales depende si la producción es continua o puede una ocasionar un paro, esta sabana de mantenimiento un programa de mantenimiento va de la mano y tiene mucho que ver con el análisis de criticidad ya que utilizándolas en conjunto se puede llegar a diferentes conclusiones y crear alternativas de solución ante aquellos activos que afecten en el proceso productivo.

El presente formato aparte de incluir una lista de los activos, Maneja el tipo de actividad que se le puede realizar, los minutos que toma realizar dicha actividad, el día en que inicia, incluye una alerta de vencimiento de la actividad que se actualiza en tiempo real en conjunto con la “Fecha Actual”, la frecuencia con la que se realiza la actividad de mantenimiento y un conjunto de celdas con fecha (pueden no tener límite) (ver figura 20) marcadas con una “X” señalando el tiempo en que le corresponde alguna actividad a cualquier activo, además, este formato también se encuentra preparado para “mantenimientos no programados” a lo largo del tiempo señalando en la celda correspondiente a la fecha con “NP” para identificarlo (Ver figura 19 y figura 21).



ECOCHEM

Programa de Mantenimiento

SABANA DE MANTENIMIENTO

Fecha Actual:

01/12/2025

NP

Mantenimiento No Programado

Añadir "NP" a la celda que corresponda a la Máquina/Equipo y su fecha

#	Máquina/Equipo	Actividad	Minutos	Día de Inicio	Alerta de Vencimiento	Frecuencia	mar	mié	jue	vie	sáb	dom
1	Máquina Clasificadora de Color y Etiqueta	Inspección y Limpieza	10	29/06/2025	Todos los Días	Diario	X	X	X	X	X	X
2	Compersor Maryland de 10hp	Inspección y Limpieza	30	29/06/2025	Inició hace 155 Días	Semanal						X
3	Compersor Maryland de 10hp	Cambio de Aceite	60	29/06/2025	Inició hace 155 Días	Cuatrimestral						
4	Compersor Maryland de 10hp	Cambio de Bandas	30	29/06/2025	Inició hace 155 Días	Cada 3 Años						
5	Compresor de Tornillo First Air FAS15	Inspección y Limpieza	15	10/12/2025	Inicia en 9 Días	Semanal						
6	Compresor de Tornillo First Air FAS15	Relleno de Aceite	25	10/12/2025	Inicia en 9 Días	Mensual						
7	Compresor de Tornillo First Air FAS15	Cambio de Bandas	25	10/12/2025	Inicia en 9 Días	Cada 3 Años						
8	Patín Hidráulico Traspaleta	Inspección y Limpieza	10	29/06/2025	Inició hace 155 Días	Semanal						X
9	Patín Hidráulico Traspaleta	Cambio de Aceite	30	29/06/2025	Inició hace 155 Días	Semestral						
10	Patín Hidráulico Traspaleta	Eliminar aire en el aceite hidráulico	5	29/06/2025	Inició hace 155 Días	Semanal						X
11	Apilador	Inspección y Limpieza	10	29/06/2025	Inició hace 155 Días	Semanal						X
12	Apilador	Lubricación	15	29/06/2025	Inició hace 155 Días	Mensual						
13	Apilador	Cambio de Aceite	15	29/06/2025	Inició hace 155 Días	Semanal						X
14	Bazcula	Inspección y Limpieza	10	29/06/2025	Inició hace 155 Días	Semanal						X
15	Tablero de Control Eléctrico	Inspección y Limpieza	5	29/06/2025	Inició hace 155 Días	Semanal						X
16	Motor Eléctrico Trifásico de 1hp	Inspección y Limpieza	5	22/06/2025	Inició hace 162 Días	Semanal						X
17	Motor Eléctrico Trifásico de 2hp	Inspección y Limpieza	5	23/06/2025	Inició hace 161 Días	Semanal						
18	Bazuca de 4m	Inspección y Limpieza	5	24/06/2025	Inició hace 160 Días	Semanal	X					
19	Bazuca de 4m (Polea)	Inspección y Limpieza	5	25/06/2025	Inició hace 159 Días	Semanal		X				
20	Bazuca de 4m (Banda)	Cambio de Bandas	5	26/06/2025	Inició hace 158 Días	Cuatrimestral						
21	Bazuca de 2m con tolva	Inspección y Limpieza	5	27/06/2025	Inició hace 157 Días	Semanal				X		
22	Bazuca de 2m (Polea)	Inspección y Limpieza	5	28/06/2025	Inició hace 156 Días	Semanal					X	
23	Bazuca de 2m (Banda)	Inspección y Limpieza	5	29/06/2025	Inició hace 155 Días	Bimestral						
24	Montacargas Heli 1.2t a 4.5m	Inspección y Limpieza	30	30/06/2025	Inició hace 154 Días	Mensual						

Figura 19 Parte 1. Programa de mantenimiento de los activos de ECOCHEM en el área de producción.

Matriz de Refacciones y Consumo Energético de los Activos

En este caso se optó por un formato de lista utilizando columnas clave para poder identificar que refacción se necesita y su prioridad en cantidad/urgencia, las columnas se dividen en: Máquina/Equipo, refacción, tipo de refacción, riesgo de paro, recomendación en inventario, probabilidad de fallo y prioridad de stock (Ver figura 22), cada uno con sus opciones individuales que se adaptan a cada caso (Ver figura 23 a 25).

Tipo de Refacción	Prioridad de Stock	Riesgo de Paro	Probabilidad de falla	Recomendación en Inventario
Electrónica	Alta	Paro Total	Muy alta	Más de 3 pz
Mecánica	Media	Alto	Alta	2 pz
Hidráulica	Baja	Bajo	Media	1 pz
Consumible	No Afecta		Baja	

Figura 22 Opciones de cada columna.

Se seleccionaron estos apartados basándose en la relevancia para las evidencias mostradas, ya que termino de costos, marcas y proveedores son tema de confidencialidad si embargo, el mostrar estos identificadores dan un panorama bastante amplio de lo que sucede y se puede hacer, al igual que posteriormente para la empresa añadir estos apartados para su mejor manejo de refacciones y su disponibilidad inmediata.

		REFACCIONES CRÍTICAS DE LOS ACTIVOS DE ECOCHM					
		Área: Producción			Mantenimiento		
#	Máquina/Equipo	Refacción	Tipo de Refacción	Riesgo de Paro	Recomendación en Inventario	Probabilidad de falla	Prioridad de Stock
1	Máquina clasificadora de color y etiqueta	Sensores ópticos de color / cámaras lineales	Electrónica	Paro Total	Más de 3 pz	Media	Alta
2	Máquina clasificadora de color y etiqueta	Sensores fotoeléctricos de detección de presencia	Electrónica	Paro Total	Más de 3 pz	Alta	Alta
3	Máquina clasificadora de color y etiqueta	Tarjetas controladoras principales (main board)	Electrónica	Paro Total	2 pz	Baja	Alta
4	Máquina clasificadora de color y etiqueta	Tarjeta de procesamiento de imagen (image processing board)	Electrónica	Paro Total	2 pz	Baja	Alta
5	Máquina clasificadora de color y etiqueta	Unidad de Mantenimiento	Electrónica	Paro Total	2 pz	Alta	Alta
6	Máquina clasificadora de color y etiqueta	PLC o controlador lógico integrado	Electrónica	Paro Total	2 pz	Baja	Alta
7	Máquina clasificadora de color y etiqueta	Módulos de comunicación (EtherCAT, CAN, RS-485 según modelo)	Electrónica	Paro Total	Más de 3 pz	Media	Alta
8	Máquina clasificadora de color y etiqueta	Lámparas estroboscópicas / barras LED de inspección	Electrónica	Bajo	1 pz	Muy alta	Alta
9	Máquina clasificadora de color y etiqueta	Variadores de frecuencia (VFD)	Electrónica	Paro Total	Más de 3 pz	Media	Media
10	Máquina clasificadora de color y etiqueta	Drivers de motor paso a paso o servomotores	Electrónica	Paro Total	Más de 3 pz	Media	Media
11	Máquina clasificadora de color y etiqueta	Sensores inductivos de posición	Electrónica	Alto	Más de 3 pz	Alta	Media
12	Máquina clasificadora de color y etiqueta	Rodamientos de transportador	Mecánica	Alto	Más de 3 pz	Muy alta	Media
13	Máquina clasificadora de color y etiqueta	Acoplamientos mecánicos	Mecánica	Alto	Más de 3 pz	Alta	Media
14	Máquina clasificadora de color y etiqueta	Reles de estado sólido y contactores auxiliares	Mecánica	Alto	Más de 3 pz	Media	Media
15	Máquina clasificadora de color y etiqueta	Filtros EMI / supresores de ruido	Mecánica	Alto	Más de 3 pz	Alta	Media
16	Máquina clasificadora de color y etiqueta	Botoneras, paros de emergencia	Mecánica	Alto	2 pz	Media	Media
17	Máquina clasificadora de color y etiqueta	PVC	Consumible	Bajo	1 pz	Baja	Baja
18	Máquina clasificadora de color y etiqueta	Conectores rápidos	Consumible	Alto	Más de 3 pz	Alta	Baja
19	Máquina clasificadora de color y etiqueta	Mangueras	Consumible	Alto	Más de 3 pz	Alta	Baja
20	Tablero de Control Eléctrico	Breakers termomagnéticos principales	Electrónica	Paro Total	2 pz	Media	Alta
21	Tablero de Control Eléctrico	Contactores principales (arrancadores)	Electrónica	Paro Total	2 pz	Media	Alta

Figura 23 Parte 1. Refacciones críticas de los activos de la empresa ECOCHM.

22	Tablero de Control Eléctrico	Guardamotores	Electrónica	Paro Total	2 pz	Media	Alta
23	Tablero de Control Eléctrico	Transformador de control 480/220/110/24V	Electrónica	Paro Total	2 pz	Baja	Alta
25	Tablero de Control Eléctrico	Módulos de entrada y salida (I/O)	Electrónica	Paro Total	2 pz	Media	Alta
26	Tablero de Control Eléctrico	Fuente de poder industrial 24VDC	Electrónica	Paro Total	2 pz	Media	Alta
27	Tablero de Control Eléctrico	Relés de protección	Electrónica	Paro Total	2 pz	Media	Alta
28	Tablero de Control Eléctrico	Soft starter o variadores (si integrados)	Electrónica	Paro Total	2 pz	Media	Alta
29	Tablero de Control Eléctrico	Relés electromecánicos	Electrónica	Alto	Más de 3 pz	Alta	Media
30	Tablero de Control Eléctrico	Fusibles de acción rápida y retardada	Electrónica	Alto	Más de 3 pz	Muy alta	Media
31	Tablero de Control Eléctrico	Bomeras y puentes	Electrónica	Alto	Más de 3 pz	Alta	Media
32	Tablero de Control Eléctrico	Cables de control y potencia	Electrónica	Alto	Más de 3 pz	Media	Media
33	Tablero de Control Eléctrico	Etiquetas, canaletas, zapatas	Consumible	Bajo	1 pz	Baja	Baja
34	Tablero de Control Eléctrico	Interruptores selector/joystick	Consumible	Alto	Más de 3 pz	Alta	Baja
35	Tablero de Control Eléctrico	Botoneras (arranque, paro, reset)	Consumible	Alto	Más de 3 pz	Alta	Baja
36	Compresor doble pistón 10 HP	Kit de pistón (anillos, pernos, pistón completo)	Mecánica	Paro Total	2 pz	Media	Alta
37	Compresor doble pistón 10 HP	Válvulas de admisión / descarga	Mecánica	Paro Total	2 pz	Media	Alta
38	Compresor doble pistón 10 HP	Biela y pasadores	Mecánica	Paro Total	2 pz	Media	Alta
39	Compresor doble pistón 10 HP	Cigüeñal	Mecánica	Paro Total	2 pz	Baja	Alta
40	Compresor doble pistón 10 HP	Culata completa	Mecánica	Paro Total	2 pz	Baja	Alta
41	Compresor doble pistón 10 HP	Motor eléctrico (bobinado, carcasa, chumaceras)	Electrónica	Paro Total	1 pz	Baja	Alta
42	Compresor doble pistón 10 HP	Correas de transmisión	Mecánica	Alto	2 pz	Muy alta	Media
43	Compresor doble pistón 10 HP	Poleas	Mecánica	Alto	2 pz	Alta	Media
44	Compresor doble pistón 10 HP	Rodamientos del motor	Mecánica	Alto	2 pz	Muy alta	Media
45	Compresor doble pistón 10 HP	Válvula check	Electrónica	Paro Total	Más de 3 pz	Alta	Media
46	Compresor doble pistón 10 HP	Válvula de seguridad calibrada	Mecánica	Paro Total	1 pz	Baja	Media
47	Compresor doble pistón 10 HP	Termostato / interruptor de presión (presostato)	Electrónica	Alto	Más de 3 pz	Alta	Media
48	Compresor doble pistón 10 HP	Válvula solenoide de descarga	Electrónica	Bajo	Más de 3 pz	Alta	Media
49	Compresor doble pistón 10 HP	Aceite lubricante	Consumible	Bajo	2 pz	Muy alta	Alta
50	Compresor doble pistón 10 HP	Filtros de aire	Consumible	Bajo	Más de 3 pz	Muy alta	Media
51	Compresor doble pistón 10 HP	Juntas y empaques	Consumible	Alto	Más de 3 pz	Alta	Baja
52	Compresor doble pistón 10 HP	Mangueras flexibles	Consumible	Alto	Más de 3 pz	Alta	Baja
53	Compresor doble pistón 10 HP	Manómetro	Consumible	Alto	2 pz	Alta	Alta
54	Compresor doble pistón 10 HP	Purga del tanque (manual o automática)	Consumible	Bajo	1 pz	Media	Media
55	Compresor de tornillo 15 HP	Cartucho separador aceite-aire	Mecánica	Paro Total	2 pz	Media	Alta
56	Compresor de tornillo 15 HP	Tornillo rotativo (solo en casos de daño mayor)	Mecánica	Paro Total	1 pz	Baja	No Afecta
57	Compresor de tornillo 15 HP	Rodamientos del elemento compresor	Mecánica	Paro Total	2 pz	Media	Media
58	Compresor de tornillo 15 HP	Motor principal completo	Mecánica	Paro Total	1 pz	Baja	Alta
59	Compresor de tornillo 15 HP	Válvula de mínima presión	Mecánica	Paro Total	2 pz	Media	Baja
60	Compresor de tornillo 15 HP	Válvula de control de capacidad (carga/descarga)	Mecánica	Paro Total	2 pz	Media	Alta
61	Compresor de tornillo 15 HP	Válvula de retención principal	Mecánica	Paro Total	2 pz	Media	Alta
62	Compresor de tornillo 15 HP	PLC controlador de compresor	Electrónica	Paro Total	2 pz	Baja	No Afecta
63	Compresor de tornillo 15 HP	Pantalla HMI	Electrónica	Paro Total	2 pz	Media	Media
64	Compresor de tornillo 15 HP	Tarjeta de control de temperatura y presión	Electrónica	Paro Total	2 pz	Media	Media
65	Compresor de tornillo 15 HP	Solenoides de control	Electrónica	Alto	Más de 3 pz	Alta	Alta
66	Compresor de tornillo 15 HP	Sensor de presión	Electrónica	Paro Total	Más de 3 pz	Alta	Alta
67	Compresor de tornillo 15 HP	Sensor de temperatura del aceite	Electrónica	Paro Total	Más de 3 pz	Alta	Alta
68	Compresor de tornillo 15 HP	Radiador/Intercooler	Electrónica	Alto	2 pz	Media	Alta
69	Compresor de tornillo 15 HP	Correas de transmisión	Mecánica	Paro Total	2 pz	Alta	Media
70	Compresor de tornillo 15 HP	Poleas	Mecánica	Alto	2 pz	Alta	Baja
71	Compresor de tornillo 15 HP	Válvula termostática del aceite	Mecánica	Paro Total	2 pz	Alta	Baja
72	Compresor de tornillo 15 HP	Aceite para tornillo	Consumible	Bajo	2 pz	Muy alta	Baja
73	Compresor de tornillo 15 HP	Filtro de aceite	Consumible	Bajo	Más de 3 pz	Muy alta	Media
74	Compresor de tornillo 15 HP	Filtro de aire	Consumible	Bajo	Más de 3 pz	Muy alta	Media
75	Compresor de tornillo 15 HP	Filtro línea interna	Consumible	Alto	Más de 3 pz	Muy alta	Media
76	Compresor de tornillo 15 HP	Juntas tóricas del sistema	Consumible	Bajo	Más de 3 pz	Alta	Baja
77	Aplilador Semi-Eléctrico	Batería de tracción (24V en la mayoría)	Electrónica	Paro Total	2 pz	Alta	Baja
78	Aplilador Semi-Eléctrico	Cargador de batería	Electrónica	Paro Total	2 pz	Media	Alta
79	Aplilador Semi-Eléctrico	Motor de elevación	Electrónica	Paro Total	2 pz	Media	Baja
80	Aplilador Semi-Eléctrico	Bomba hidráulica completa	Hidráulica	Paro Total	2 pz	Media	Baja
81	Aplilador Semi-Eléctrico	Controlador electrónico (control module)	Electrónica	Paro Total	2 pz	Media	Baja
82	Aplilador Semi-Eléctrico	Vástago del pistón hidráulico	Mecánica	Paro Total	2 pz	Media	No Afecta
83	Aplilador Semi-Eléctrico	Cilindro hidráulico	Mecánica	Paro Total	2 pz	Media	Media
84	Aplilador Semi-Eléctrico	Válvula de seguridad hidráulica	Hidráulica	Paro Total	2 pz	Baja	Media
85	Aplilador Semi-Eléctrico	Ruedas motrices	Mecánica	Alto	2 pz	Alta	Media
86	Aplilador Semi-Eléctrico	Ruedas de carga / rodillos delanteros	Mecánica	Alto	2 pz	Alta	Media
87	Aplilador Semi-Eléctrico	Cadena de elevación	Mecánica	Paro Total	2 pz	Media	Baja
88	Aplilador Semi-Eléctrico	Mástil y bujes	Mecánica	Alto	2 pz	Alta	Media
89	Aplilador Semi-Eléctrico	Interruptores finales de carrera	Mecánica	Alto	Más de 3 pz	Muy alta	Baja
90	Aplilador Semi-Eléctrico	Solenoides de subida/bajada	Electrónica	Alto	Más de 3 pz	Alta	Baja
91	Aplilador Semi-Eléctrico	Contactores principales	Electrónica	Paro Total	2 pz	Media	Baja
92	Aplilador Semi-Eléctrico	Cables de potencia	Electrónica	Paro Total	2 pz	Media	Baja
93	Aplilador Semi-Eléctrico	Mangueras hidráulicas	Consumible	Alto	Más de 3 pz	Alta	Baja
94	Aplilador Semi-Eléctrico	Empaques del cilindro	Consumible	Alto	Más de 3 pz	Alta	Baja
95	Aplilador Semi-Eléctrico	Botonera de control	Consumible	Alto	Más de 3 pz	Alta	No Afecta
96	Aplilador Semi-Eléctrico	Grasa multiusos para mástil	Consumible	Bajo	1 pz	Muy alta	Media
97	Báscula Rhino IQY (Indicador Electrónico)	Celdas de carga (load cells)	Electrónica	Paro Total	2 pz	Media	Baja

Figura 24 Parte 2. Refacciones críticas de los activos de la empresa ECOCHEM.

98	Báscula Rhino IQY (Indicador Electrónico)	Indicador electrónico completo	Electrónica	Paro Total	2 pz	Media	No Afecta
99	Báscula Rhino IQY (Indicador Electrónico)	Tarjeta principal del indicador	Electrónica	Paro Total	2 pz	Media	Baja
100	Báscula Rhino IQY (Indicador Electrónico)	Fuente de poder del indicador	Electrónica	Paro Total	2 pz	Media	Baja
101	Báscula Rhino IQY (Indicador Electrónico)	Módulo de comunicación (RS232/USB)	Electrónica	Paro Total	2 pz	Alta	Media
102	Báscula Rhino IQY (Indicador Electrónico)	J-box o caja de conexiones	Electrónica	Paro Total	2 pz	Alta	Baja
103	Báscula Rhino IQY (Indicador Electrónico)	Display LED/LCD	Electrónica	Paro Total	2 pz	Alta	Baja
104	Báscula Rhino IQY (Indicador Electrónico)	Teclado del panel (keypad)	Electrónica	Paro Total	2 pz	Alta	Baja
105	Báscula Rhino IQY (Indicador Electrónico)	Módulo estabilizador de señal	Electrónica	Paro Total	2 pz	Alta	Media
106	Báscula Rhino IQY (Indicador Electrónico)	Cable blindado para celda de carga	Consumible	Alto	Más de 3 pz	Alta	No Afecta
107	Báscula Rhino IQY (Indicador Electrónico)	Conectores	Consumible	Alto	Más de 3 pz	Alta	Baja
108	Báscula Rhino IQY (Indicador Electrónico)	Tornillería calibrada	Consumible	Bajo	1 pz	Baja	Alta
109	Motor eléctrico trifásico 1 HP	Chumaceras/rodamientos (6203, 6204 según modelo)	Mecánica	Paro Total	Más de 3 pz	Muy alta	Alta
110	Motor eléctrico trifásico 1 HP	Bobinas / devanado completo	Electrónica	Paro Total	2 pz	Baja	Alta
111	Motor eléctrico trifásico 1 HP	Eje	Mecánica	Paro Total	2 pz	Baja	Alta
112	Motor eléctrico trifásico 1 HP	Carcasa (si hay fractura)	Mecánica	Paro Total	2 pz	Baja	Alta
113	Motor eléctrico trifásico 1 HP	Capacitor (si es motor con arranque)	Electrónica	Paro Total	2 pz	Alta	Alta
114	Motor eléctrico trifásico 1 HP	Ventilador trasero	Electrónica	Alto	2 pz	Alta	Alta
115	Motor eléctrico trifásico 1 HP	Tapa frontal/trasera	Mecánica	Paro Total	2 pz	Baja	Media
116	Motor eléctrico trifásico 1 HP	Bornera de conexiones	Electrónica	Paro Total	2 pz	Alta	Media
117	Motor eléctrico trifásico 1 HP	Retenes de aceite	Consumible	Alto	Más de 3 pz	Alta	Media
118	Motor eléctrico trifásico 1 HP	Arandelas para eje	Consumible	Alto	2 pz	Muy alta	Media
119	Motor eléctrico trifásico 2 HP	Bobinado	Electrónica	Paro Total	2 pz	Baja	Media
120	Motor eléctrico trifásico 2 HP	Eje	Mecánica	Paro Total	2 pz	Media	Media
121	Motor eléctrico trifásico 2 HP	Portaescondos	Mecánica	Paro Total	2 pz	Alta	Alta
122	Motor eléctrico trifásico 2 HP	Ventilador	Electrónica	Paro Total	2 pz	Alta	Alta
123	Motor eléctrico trifásico 2 HP	Carcasa	Mecánica	Alto	1 pz	Baja	Alta
124	Motor eléctrico trifásico 2 HP	Bornera	Electrónica	Bajo	2 pz	Media	Alta
125	Motor eléctrico trifásico 2 HP	Capacitor de arranque (en versiones especiales)	Electrónica	Paro Total	2 pz	Alta	Alta
126	Motor eléctrico trifásico 2 HP	Retenes	Consumible	Alto	Más de 3 pz	Media	Alta
127	Motor eléctrico trifásico 2 HP	Tornillería	Consumible	Bajo	Más de 3 pz	Muy alta	Alta
128	Motor eléctrico trifásico 2 HP	Protector térmico	Consumible	Paro Total	2 pz	Media	Alta
129	Montacargas Eléctrico Heli 1.2t a 4.5m	Batería de tracción de 24-48V	Consumible	Paro Total	1 pz	Alta	Alta
130	Montacargas Eléctrico Heli 1.2t a 4.5m	Cargador de batería	Electrónica	Paro Total	1 pz	Media	Alta
131	Montacargas Eléctrico Heli 1.2t a 4.5m	Controlador electrónico	Electrónica	Paro Total	1 pz	Media	Media
132	Montacargas Eléctrico Heli 1.2t a 4.5m	Contactores principales	Electrónica	Paro Total	2 pz	Media	Baja
133	Montacargas Eléctrico Heli 1.2t a 4.5m	Cables de potencia	Electrónica	Alto	Más de 3 pz	Media	Baja
134	Montacargas Eléctrico Heli 1.2t a 4.5m	Motor de elevación	Electrónica	Paro Total	1 pz	Media	Alta
135	Montacargas Eléctrico Heli 1.2t a 4.5m	Bomba hidráulica completa	Hidráulica	Paro Total	1 pz	Media	Baja
136	Montacargas Eléctrico Heli 1.2t a 4.5m	Cilindro hidráulico de elevación	Hidráulica	Paro Total	1 pz	Media	Baja
137	Montacargas Eléctrico Heli 1.2t a 4.5m	Vástago del pistón	Mecánica	Alto	1 pz	Media	Baja
138	Montacargas Eléctrico Heli 1.2t a 4.5m	Empaques del cilindro	Hidráulica	Alto	Más de 3 pz	Alta	Baja
139	Montacargas Eléctrico Heli 1.2t a 4.5m	Cadena de elevación	Mecánica	Paro Total	2 pz	Media	Alta
140	Montacargas Eléctrico Heli 1.2t a 4.5m	Mástil y bujes	Mecánica	Alto	2 pz	Alta	Media
141	Montacargas Eléctrico Heli 1.2t a 4.5m	Ruedas motrices	Consumible	Alto	2 pz	Alta	Baja
142	Montacargas Eléctrico Heli 1.2t a 4.5m	Ruedas de carga / rodillos delanteros	Mecánica	Alto	Más de 3 pz	Alta	Baja
143	Montacargas Eléctrico Heli 1.2t a 4.5m	Mangueras de dirección/elevación	Hidráulica	Alto	Más de 3 pz	Alta	Baja
144	Montacargas Eléctrico Heli 1.2t a 4.5m	Grasa multiusos para mástil	Consumible	Bajo	Más de 3 pz	Muy alta	Media
145	Montacargas Eléctrico Heli 1.2t a 4.5m	Interruptores de final de carrera	Electrónica	Alto	Más de 3 pz	Muy alta	Media
146	Montacargas Eléctrico Heli 1.2t a 4.5m	Solenoides de subida/bajada	Electrónica	Alto	Más de 3 pz	Muy alta	Alta
147	Montacargas Eléctrico Heli 1.2t a 4.5m	Botonera de control	Consumible	Alto	2 pz	Alta	Baja
148	Montacargas Eléctrico Heli 1.2t a 4.5m	Tornillería estructural	Mecánica	Alto	Más de 3 pz	Muy alta	Alta
149	Montacargas Eléctrico Heli 1.2t a 4.5m	Tapa de batería	Consumible	Bajo	1 pz	Baja	No Afecta

Figura 25 Parte 3. Refacciones críticas de los activos de la empresa ECOCHEM.

Consumo Energético de los Activos

En esta sección se presentan los resultados del análisis de los consumos energéticos de los activos involucrados en el área de producción, con el objetivo de comparar los consumos teóricos calculados con los consumos reales registrados durante su operación en condiciones normales de trabajo.

Para llevar a cabo esta evaluación, se consideraron las características de los equipos y sus respectivos consumos teóricos según los fabricantes, para luego contrastarlos con los datos obtenidos reales.

Formulas Utilizadas

a) Conversión de hp a kW.

$$P_{kW} = HP * 0.746$$

Donde:

- ✓ P_{kW} = Potencia eléctrica equivalente que consumiría el equipo a plena carga.
- ✓ HP = Potencia mecánica indicada por el fabricante.
- ✓ **0.746**= Factor universal de conversión de hp a kW.

b) *Consumo real en función del porcentaje de carga.*

$$P_{real} = P_{kW} * C$$

Donde:

- ✓ P_{real} = Potencia efectiva demandada durante el funcionamiento normal de la máquina/equipo.
- ✓ P_{kW} = Potencia teórica convertida desde hp.
- ✓ C = Porcentaje de carga real con respecto a la potencia nominal.

Resultados del Consumo

Tabla 1 Resultados teóricos por máquina/equipo.

Máquina/Equipo	Potencia Nominal	Consumo Teórico
Compresor de doble pistón	10 HP	7.46 kW
Compresor de tornillo FAS15	15 HP	11.19 Kw
Apilador Heli	1.2 kW	1.20 kW
Báscula Rhino IQY	15 W	0.015 kW
Motor trifásico ASEA	1 HP	0.746 kW
Motor trifásico GE	2 HP	1.492 kW

Tabla 2 Resultados reales por máquina/equipo.

Máquina/Equipo	%Carga Real Promedio	Consumo Real
Compresor de doble pistón	78%	5.82 kW
Compresor de tornillo FAS15	82%	9.17 Kw
Apilador Heli	65%	0.78 kW
Báscula Rhino IQY	92%	0.0138 kW
Motor trifásico ASEA	74%	0.552 kW
Motor trifásico GE	81%	1.208 kW

Tabla 3 Comparación entre valores teóricos y valores reales.

Máquina/Equipo	Consumo Teórico	Consumo Real	Diferencia %
Compresor de doble pistón	7.46 kW	5.82 kW	-22%
Compresor de tornillo FAS15	11.19 Kw	9.17 kW	-18%
Apilador Heli	1.20 kW	0.78 kW	-35%
Báscula Rhino IQY	0.015 kW	0.0138 kW	-7.8%
Motor trifásico ASEA	0.746 kW	0.552 kW	-26%
Motor trifásico GE	1.492 kW	1.208 kW	-19%

Los valores teóricos sirven como referencia inicial, pero los consumos reales dependen directamente de las condiciones de trabajo, el estado de mantenimiento y los hábitos de operación del personal.

En el caso de los compresores, el equipo de doble pistón de 10 HP muestra un consumo real superior al teórico, principalmente por su menor eficiencia mecánica y por los ciclos frecuentes de arranque. En contraste, el compresor de tornillo de 15 HP mantiene un consumo más estable y cercano al esperado, gracias a su diseño orientado al trabajo continuo y a menores pérdidas internas. Este comportamiento confirma que los compresores de tornillo ofrecen un mejor rendimiento en cargas sostenidas.

El apilador semi-eléctrico presenta un consumo relacionado con la cantidad de ciclos de elevación y con el estado de la batería. Aunque su demanda teórica es baja, el consumo real se incrementa cuando la batería se degrada, lo que evidencia la importancia del mantenimiento preventivo.

La báscula electrónica mantiene consumos bajos y muy próximos al valor estimado, debido a que su electrónica trabaja con corrientes mínimas tanto en operación como en reposo.

En los motores trifásicos de 1 HP y 2 HP, las variaciones entre consumo teórico y real están asociadas a que operan gran parte del tiempo en cargas parciales, lo cual reduce su eficiencia y aumenta el consumo específico respecto al trabajo útil entregado. Esto refuerza la necesidad de revisar la selección de potencia y considerar variadores de frecuencia para mejorar su desempeño.

En conjunto, el estudio permite identificar oportunidades de mejora como optimizar los ciclos de operación de los compresores, fortalecer las prácticas de uso eficiente entre el personal, asegurar mantenimientos que preserven el rendimiento de cada activo y evaluar actualizaciones tecnológicas donde la brecha entre consumo teórico y real es significativa.

Este análisis se consolida como una base confiable para la toma de decisiones orientadas a incrementar la eficiencia energética, reducir costos operativos y avanzar hacia una operación más sostenible y alineada con las buenas prácticas de ingeniería industrial y mecatrónica.

Procedimientos de mantenimiento

Para la elaboración de los procedimientos de mantenimiento preventivo se realiza una plantilla compartida en Excel para mayor facilidad (Ver anexo 3 para ayuda visual general), algunos se les insertaron ayudas visuales, específicamente a aquellos que lo necesitan; cada plantilla está dividida en secciones que aportan a una actividad diferente a realizar para cada máquina/equipo.

A continuación, se presenta la plantilla de mantenimiento para la *Máquina clasificadora de color y etiqueta*:

	PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO O CORRECTIVO		Hora	:	Fecha	/ /
	MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN		Frecuencia	Semanal	Máquina/ Equipo	Máquina Clasificadora de Color y Etiqueta
			Tiempo Est.	10 min-15 min		
Responsable del Mantenimiento						
Advertencia Para éste caso no se emplearan imágenes de muestra, pero si instrucciones precisas para realizar el mantenimiento indicado, por motivos de confidencialidad y privacidad en el proceso productivo de la empresa ECO-CHEM. Realizar el procedimiento con atención y cuidado.						
Información de seguridad						
Antes de iniciar con la actividad se debe verificar lo siguiente: 1. Verificar que se cuenta con el equipo de protección personal para la segura ejecución de la actividad y que este se encuentre en buen estado, de lo contrario solicitarlo y continuar. 2. Verificar que la herramienta necesaria para la realización de la actividad se encuentre libre y a disposición inmediata, al mismo tiempo validar que se encuentre en correctas condiciones de uso. 3. Informar sobre la realización de la actividad y si la misma requiere el paro de (la) máquina/equipo o de la producción en general.						
Equipo de Seguridad Personal	 Lentes de Seguridad  Guantes Anticorte  Cubrebocas Antipolvo  Guantes de Carnaza					
Herramientas/Insumos	 Limpiador con jalador y esponja  Trapo  Pistola de Aire conectada al compresor  Alcohol Isopropílico  Escoba					
SECCIÓN I. INSPECCIÓN Y LIMPIEZA.						
PRECAUCIÓN	Desconectar cualquier tipo de energía que lo pueda accionar (bajar el switch del tablero principal).					
A. Actividades iniciales			Realizado (X)		Observación	
1. Detener la producción desde el panel HMI o a distancia desde la tablet.			()			
2. Mover cualquier objeto que pueda obstaculizar la actividad.			()			
B. Actividades de limpieza			Realizado (X)		Observación	
1. Limpiar el imán de la parte superior de la máquina en la salida de material de la bazuca de 4m), utilizar los guantes de carnaza para evitar daños humanos al retirar el material ferroso atrapado.			()			
2. Limpiar el imán de la parte exterior de la máquina en la salida de material de la bazuca de 2m), utilizar los guantes de carnaza para evitar daños humanos al retirar el material ferroso atrapado.			()			

Figura 26 Parte 1. Plantilla de mantenimiento para la maquina clasificadora de color y etiqueta.

3. Limpiar la trampilla imanes de la parte inferior de la máquina en la tolva de material de la bazua de	()	
4. Subir a la parte superior de la máquina (tolva superior), utilizar la pistola de aire para limpiar perfectamente el interior y exterior priorizando retirar residuos como etiqueta y polvo.	()	
5. Limpiar la base de la tolva superior, huecos, tapa de acrílico y cuerpo de la máquina al alcance, utilizar la pistola de aire para limpiar perfectamente el interior y exterior priorizando retirar residuos como etiqueta y polvo.	()	
6. Limpiar las cascadas por donde pasa el material y su parte trasera, el panel HMI y el cuerpo de la máquina al alcance, utilizar la pistola de aire para limpiar perfectamente el interior y exterior priorizando retirar residuos como etiqueta y polvo, y el trapo para limpiar el panel HMI.	()	
7. Abrir las compuertas que se encuentran por debajo y al frente del panel HMI (compuerta de paso de material PT, compuerta del material de rechazo y la compuerta donde se almacena el polvo y materiales extra ligeros) limpiar todo lo que se encuentre al alcance, utilizar la pistola de aire para limpiar perfectamente el interior y exterior priorizando retirar residuos como etiqueta y polvo; al finalizar, cerrar compuertas.	()	
8. Limpiar el interior de la máquina, en donde se encuentran los sensores, algunos cableados, cristales, limpiadores y secciones de salida de material de la máquina, utilizar la pistola de aire para limpiar perfectamente el interior y exterior priorizando retirar residuos como etiqueta y polvo. Utilizar el trapo y el alcohol isopropílico para limpiar correctamente los cristales y asegurarse de quitar cualquier residuo de polvo y material adherido.	()	
9. Dar una limpieza general desde la parte superior de la plataforma en la que está soportada la máquina y la batería de emergencia con el fin de enviar todo el material almacenado hacia al suelo para limpiarlo posteriormente, utilizar la pistola de aire para limpiar perfectamente el interior y	()	
10. Desde el panel HMI, dar una limpieza desde la indicación "LIMPIEZA" y esperar a que termine.	()	
11. Limpiar el área de la unidad de mantenimiento y sacar el líquido que tenga almacenado, utilizar la pistola de aire para limpiar perfectamente el interior y exterior priorizando retirar residuos como etiqueta y polvo.	()	
12. Limpiar la parte inferior de la plataforma que soporta la máquina incluyendo tubos, salidas de material, tolva inferior, postes de la plataforma y el suelo, utilizar la pistola de aire, escoba y trapo si es necesario para limpiar perfectamente el interior y exterior priorizando retirar residuos como etiqueta y polvo.	()	
C. Actividades de Verificación	Realizado (X)	Observación
1. Verificar que los cristales al interior de la máquina estén limpios y sin residuos de material o polvo.	()	
2. Verificar el estado impecable de las cascadas del material, panel HMI y cuerpo de la máquina.	()	
3. Verificar que los imanes y la trampilla de imanes no alberguen material ferroso.	()	
4. Verificar el buen estado de la unidad de mantenimiento y que no existan fugas.	()	
5. Verificar manómetro digital y que se encuentre en valores ideales por encima de 500.	()	
6. Verificar que no existan fugas de aire en las tuberías y la pistola de aire.	()	
7. Verificar que los tubos inferiores se encuentren bien colocados.	()	
8. Verificar acomodo de la salida de aire inferior, botes y tolva en su posición correcta para el proceso productivo.	()	
9. Verificar que el proceso pueda continuar y que se cuente con la materia prima para ello.	()	
D. Actividades de Cambio y/o Ajuste	Cambio y/o ajuste realizado (X)	
1. La actividad se realiza al finalizar turno o dar cierre de semana.	()	
2. Realizar ajuste de la presión de aire inferior con la válvula estranguladora.	()	
Especificar otro cambio y/o ajuste realizado:		
E. Actividades Finales (al finalizar cambios y/o ajustes si existieron)	Realizado (X)	Observación
1. Válidar que no existan componentes o piezas sueltas.	()	
2. Válidar que la válvula de esfera esté en posición abierta.	()	
3. Preparar materia prima, sacos tipo jumbo y lo necesario para continuar la producción, si es el caso.	()	
F. Observaciones Generales del Estado de la Máquina/Equipo		
Especificar si funciona con normalidad. (X) Si () No ()		

Figura 27 Parte 2. Plantilla de mantenimiento para la maquina clasificadora de color y etiqueta.

A continuación, se presenta la plantilla de mantenimiento para el *compresor de doble pistón a 10hp*:

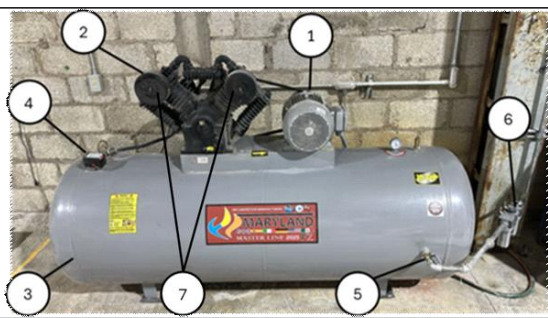
	PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO O CORRECTIVO		Hora	:	Fecha	/ /
	MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN		Frecuencia	Semanal	Máquina/Equipo	COMPRESOR DE DOBLE PISTÓN
			Tiempo Est.	30 min - 1 hr		
Responsable del Mantenimiento						
Gráfico del (la) máquina/equipo						1. Motor. 2. Cabezal. 3. Tanque. 4. Arrancador Automático. 5. Válvula de Esfera. 6. Unidad de Mantenimiento. 7. Filtro de aire.
	Información de seguridad					
Antes de iniciar con la actividad se debe verificar lo siguiente: 1. Verificar que se cuenta con el equipo de protección personal para la segura ejecución de la actividad y que este se encuentre en buen estado, de lo contrario solicitarlo y continuar. 2. Verificar que la herramienta necesaria para la realización de la actividad se encuentre libre y a disposición inmediata, al mismo tiempo validar que se encuentre en correctas condiciones de uso. 3. Informar sobre la realización de la actividad y si la misma requiere el paro de (la) máquina/equipo o de la producción en general.						
Equipo de Seguridad Personal	 Lentes de Seguridad  Guantes Anticorte  Cubrebocas Antipolvo					
Herramientas/Insumos	 Escoba  Trapo  Pistola de Aire conectada al compresor.					
SECCIÓN I. INSPECCIÓN Y LIMPIEZA.						
PRECAUCIÓN	Desconectar cualquier tipo de energía que lo pueda accionar (bajar el switch del tablero principal).					
A. Actividades Iniciales			Realizado (X)		Observación	
1. Apagar el arrancador automático del compresor (mover interruptor a la posición OFF).			()			
2. Mover cualquier objeto que pueda obstaculizar la actividad.			()			
B. Actividades de limpieza			Realizado (X)		Observación	
1. Realizar la limpieza del área del compresor con pistola de aire y escoba.			()			
2. Limpiar la superficie del compresor, motor, cabezal, pistones, arrancador automático, poleas y bandas, utilizando el trapo y pistola de aire.			()			
3. Realizar la limpieza de los filtros de aire utilizando la pistola de aire.			()			
C. Actividades de Verificación			Realizado (X)		Observación	
1. Verificar el estado de nivel de aceite.			()			
2. Verificar el estado de las bandas (tensión, desgaste y alineamiento).			()			
3. Verificar el estado del motor y sonidos extraños (2 min).			()			
4. Verificar el estado de las tuberías adyacentes al compresor.			()			
5. Verificar el manómetro del compresor.			()			
6. Verificar el estado de las poleas.			()			
7. Verificar el estado del arrancador automático (sobrecalentamiento y fugas).			()			
8. Verificar el estado de la unidad de mantenimiento (si tiene fluidos, purgar)			()			
9. Verificar el estado de las válvulas de alivio (buscar fugas).			()			
D. Actividades de Cambio y/o Ajuste			Cambio y/o ajuste realizado (X)			
1. Realizar el cambio de aceite si es necesario (Ir a sección II).			()			
2. Realizar el cambio de bandas. (Ir a sección III).			()			
3. Reemplazar alguna refacción del arrancador automático (Ir a sección IV).			()			
Especificar otro cambio y/o ajuste realizado:						
E. Actividades Finales (al finalizar cambios y/o ajustes si existieron)			Realizado (X)		Observación	
1. Validar que no existan componentes o piezas sueltas.			()			
2. Purgar el tanque del compresor de fluidos acumulados.			()			
3. Validar que la válvula de esfera esté en posición abierta.			()			
4. Conectar la alimentación de energía			()			
5. Encender el arrancador automático (mover el interruptor a la posición AUTO)			()			

Figura 28 Parte 1. Plantilla de mantenimiento para el compresor de doble pistón a 10hp.

F. Observaciones Generales del Estado de la Máquina/Equipo			
Especificar si funciona con normalidad. (X) Si () No ()			
SECCIÓN II. CAMBIO DE ACEITE DEL COMPRESOR.			
Especificar el caso del cambio de aceite del compresor. (X)	El aceite cumplió su vida útil de 3,000 hrs y es necesario cambiarse.	El aceite aún no cumple su vida útil y requiere un relleno.	Otro caso: (Especificar)
	()	()	
Equipo de Seguridad Personal	 Lentes de Seguridad  Guantes Anticorte  Cubrebocas Antipolvo		
Herramientas/Insumos	 Aceite Mineral para Compresor (el necesario dependiendo el caso)  Llave española o combinada de 17mm y 19mm  Bote o recipiente (4 litros aprox.) para almacenar aceite viejo (si es necesario)  Cinta PTFE  Trapo		
PRECAUCIÓN Desconectar cualquier tipo de energía que lo pueda accionar (bajar el switch del tablero principal).			
A. Actividades Iniciales		Realizado (X)	Observación
1. Apagar el arrancador automático del compresor (mover interruptor a la posición OFF).		()	
2. Mover cualquier objeto que pueda obstaculizar la actividad.		()	
3. Purgar el tanque del compresor en su totalidad.		()	
Nota: Si la actividad a realizar se trata de que el aceite completó su vida útil, continuar el paso a paso, en caso de que solo sea rellenar, saltarse a "C. Rellenar de Aceite" y continuar.			
B. Vaciar el Aceite		Realizado (X)	Observación
1. Preparar el bote o recipiente en un punto en donde el aceite pueda caer sin manchar el suelo o el tanque del compresor, estar pendiente al aumento y disminución del flujo para evitar derrames.		()	
2. Utilizar la llave española o combinada de 19mm para aflojar el tapón de llenado.		()	

Figura 29 Parte 2. Plantilla de mantenimiento para el compresor de doble pistón a 10hp.

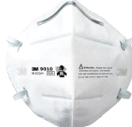
3. Utilizar la llave española o combinada de 17mm para aflojar el perno que bloquea el punto de drenaje y comenzar a vaciar el aceite del compresor, estar pendiente de la variación del flujo del aceite.		()	
4. Poner un poco de cinta PTFE en el perno del punto de drenaje y volver a colocar, apretar hasta el punto en que no se use exceso de fuerza.		()	
C. Rellenar de Aceite		Realizado (X)	Observación
1. Ubicar el tapón de llenado y verter el aceite necesario (Aproximadamente 4 litros si se vació totalmente o el necesario si solo se va a rellenar). Llenar hasta el nivel mostrado en la imagen.	 	()	
2. Al terminar de llenar hasta el nivel correcto de aceite se debe cerrar el tapón de llenado con la llave española o combinada de 19mm (utilizar cinta PTFE si se presenta alguna fuga ligera).		()	
3. En caso de derramar aceite viejo o nuevo, utilizar el trapo para limpiarlo.		()	
D. Actividades Finales		Realizado (X)	Observación
1. Validar que no existan componentes o piezas sueltas.		()	
2. Validar nuevamente nivel correcto de aceite.		()	
4. Conectar la alimentación de energía		()	
5. Encender el arrancador automático (mover el interruptor a la posición AUTO)		()	
6. Cargar el compresor hasta que el arranque automático se detenga y en el proceso validar si existe algún ruido anormal o fuga de aceite.		()	
E. Observaciones Generales			
Especificar si funciona con normalidad. (X) Si () No ()			
SECCIÓN III. CAMBIO DE BANDAS EN COMPRESOR.			
<i>Nota: Se recomienda cambiar ambas bandas al mismo tiempo para asegurar el correcto funcionamiento y desplazamiento de las poleas y el compresor en general.</i>			
Especificar el caso del cambio de bandas en compresor. (X)	Desgaste prematuro de bandas ()	Las bandas alcanzaron su vida útil ()	Otro caso: (Especificar)
Equipo de Seguridad Personal	 Lentes de Seguridad	 Guantes Anticorte	 Cubrebocas Antipolvo

Figura 30 Parte 3. Plantilla de mantenimiento para el compresor de doble pistón a 10hp.

Herramientas/Insumos	 2 Bandas para compresor con código B-81	 Llave allen de 5mm	 Desarmador plano o similar para hacer "palanca"	 Martillo	 Extractor de poleas de 3"
PRECAUCIÓN	Desconectar cualquier tipo de energía que lo pueda accionar (bajar el switch del tablero principal).				
A. Actividades Iniciales		<i>Realizado (X)</i>	<i>Observación</i>		
1. Apagar el arrancador automático del compresor (mover interruptor a la posición OFF).		()			
2. Mover cualquier objeto que pueda obstaculizar la actividad.		()			
3. Purgar el tanque del compresor en su totalidad.		()			
B.Liberar Polea del Motor		<i>Realizado (X)</i>	<i>Observación</i>		
1. Utilizando la llave allen, aflojar en la parte trasera de la polea.		()			
2. Retirar la polea con cuidado utilizando el extractor por la parte delantera (imagen de ejemplo). Retirar hasta el punto en donde las bandas puedan salir por la parte de atrás para evitar un tirón por elasticidad.		()			
3. Retirar en su totalidad la polea y sacar las bandas.		()			
4. Colocar las bandas comenzando por la polea del cabezal y sujetar en el eje de la polea.		()			
5. Utilizar el extractor y el martillo si es necesario, para volver a colocar la polea en su correcta posición y buscar la mejor alineación, al final apretar en la parte trasera utilizando la llave allen.		()			
6. Utilizar el desarmador para crear palanca y poner en su riel cada banda.		()			
7. Validar alineación de bandas y poleas.		()			
C. Actividades Finales y de Validación		<i>Realizado (X)</i>	<i>Observación</i>		
1. Girar utilizando las manos para buscar algún movimiento irregular, si existe buscarlo y corregirlo antes de continuar.		()			
2. Conectar alimentación de energía.		()			
3. Encender el arrancador automático (mover el interruptor a la posición AUTO)		()			
4. Validar que NO EXISTA: vibraciones, piezas sueltas y movimientos irregulares en el funcionamiento.		()			
5. Permitir que el compresor se llene hasta que se apague automáticamente, observando el manómetro vaciar aire hasta que se vuelva a encender automáticamente y volver a validar que no existan irregularidades.		()			

Figura 31 Parte 4. Plantilla de mantenimiento para el compresor de doble pistón a 10hp.

D. Observaciones Generales			
Especificar si funciona con normalidad. (X) Si () No ()			
SECCIÓN IV. ARRANCADOR AUTOMÁTICO DEL COMPRESOR.			
Nota: Se presentan todas las herramientas/insumos que se pueden utilizar para realizar el reemplazo completo del automático o por partes, algunas podrían no utilizarse.			
Especificar el caso del cambio de aceite del compresor. (X)	Se reemplaza en su totalidad el arrancador automático. ()	Se cambia alguna reacción del arrancador automático. ()	Otro caso: (Especificar)
Equipo de Seguridad Personal	 Lentes de Seguridad  Guantes Anticorte  Cubrebocas Antipolvo		
Herramientas/Insumos	 Desarmador de cruz y plano  Llave española o combinada de 13mm  Pinzas de punta con dieléctrico  Refacciones o pieza completa de automático PC-6 Orange Pumps  Trapo  Cinta PTFE		
PRECAUCIÓN	Desconectar cualquier tipo de energía que lo pueda accionar (bajar el switch del tablero principal).		
A. Actividades Iniciales		Realizado (X)	Observación
1. Apagar el arrancador automático del compresor (mover interruptor a la posición OFF).		()	
2. Mover cualquier objeto que pueda obstaculizar la actividad.		()	
3. Purgar el tanque del compresor en su totalidad.		()	
B. Quitar Tapa Superior		Realizado (X)	Observación
1. Retirar el tornillo con el desarmador de cruz para poder quitar la tapa superior.		()	
2. Exponer totalmente el interior del automático.		()	
C. Actividades para Validación (Antes, Durante y Después del Reemplazo).		Realizado (X)	Observación
1. Utilizar las pinzas de punta con dieléctrico si en la actividad a realizar existe contacto con cables o conexiones.		()	
2. Limpiar cuidadosamente con el trapo el interior y exterior.		()	
3. Asegurarse de que no se crucen o exista contacto entre conexiones.		()	
4. Asegurar que todas las conexiones estén sujetas o apretadas correctamente.		()	
5. Utilizar cinta PTFE para evitar fugas indeseables si es necesario.		()	

Figura 32 Parte 5. Plantilla de mantenimiento para el compresor de doble pistón a 10hp.

C. Actividades Finales		Realizado (X)	Observación
1. Validar que las conexiones sean correctas y esté limpio.		()	
2. Poner y fijar correctamente la tapa superior.		()	
3. Conectar alimentación de energía.		()	
4. Encender el arrancador automático (mover el interruptor a la posición AUTO)		()	
4. Validar que no existan irregularidades en el funcionamiento.		()	
5. Permitir que se apague automáticamente y esperar a que vuelva a encender de la misma manera.		()	
D. Observaciones Generales			
Especificar si funciona con normalidad. (X) Si () No ()			

Figura 33 Parte 6. Plantilla de mantenimiento para el compresor de doble pistón a 10hp.

A continuación, se presenta la plantilla de mantenimiento para el *compresor de tornillo de 15hp*:

	PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO O CORRECTIVO		Hora	:	Fecha	/ /
	MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN		Frecuencia	Semanal	Máquina/E	COMPRESOR DE
Responsable del Mantenimiento		Tiempo Est.	30 min - 1 hr	quipo	TORNILLO DE 15HP	
Gráfico del (la) máquina/equipo						
Información de seguridad Antes de iniciar con la actividad se debe verificar lo siguiente: 1. Verificar que se cuenta con el equipo de protección personal para la segura ejecución de la actividad y que este se encuentre en buen estado, de lo contrario solicitarlo y continuar. 2. Verificar que la herramienta necesaria para la realización de la actividad se encuentre libre y a disposición inmediata, al mismo tiempo validar que se encuentre en correctas condiciones de uso. 3. Informar sobre la realización de la actividad y si la misma requiere el paro de (la) máquina/equipo o de la producción en general.						
Equipo de Seguridad Personal	 Lentes de Seguridad  Guantes Anticorte  Cubrebocas Antipolvo					
Herramientas/Insumos	 Escoba  Trapo  Pistola de Aire conectada al					

Figura 34 Parte 1. Plantilla de mantenimiento para el compresor de tornillo a 15hp.

SECCIÓN I. INSPECCIÓN Y LIMPIEZA.			
PRECAUCIÓN	Desconectar cualquier tipo de energía que lo pueda accionar (bajar el switch del tablero principal).		
A. Actividades iniciales		Realizado (X)	Observación
1. Pulsar el botón de stop.		()	
2. Desenergizar la energía general que alimenta el compresor.		()	
B. Actividades de limpieza		Realizado (X)	Observación
1. Realizar la limpieza superficial del compresor con pistola de aire y trapo.		()	
2. Limpieza superficial de radiador con la ayuda de una manguera con aire a presión, soplear el polvo.		()	
3. Desmontar la tapa que permite el acceso al interior del compresor.		()	
4. Utilizando la pisotola de aire, soplear el interior hasta retirar todo el polvo acumulado.		()	
5. Limpiar los filtros.		()	
6. Con el trapo limpiar la superficie de la estructura interna y componentes.		()	
C. Actividades de Verificación		Realizado (X)	Observación
1. Verificar el estado de nivel de aceite.		()	
2. Verificar el estado de las bandas (tensión, desgaste y alineamiento).		()	
3. Verificar el estado de las poleas.		()	
4. Verificar el estado de las tuberías adyacentes al compresor.		()	
5. Verificar que las conexiones se encuentren ajustadas correctamente.		()	
6. Verificar el estado general de los componentes y sonidos extraños (2 min).		()	
7. Verificar que los botones se pulsen correctamente en el exterior.		()	
8. Verificar que el botón de paro de emergencia se pulse correctamente y no se atasque.		()	
D. Actividades de Cambio y/o Ajuste		Cambio y/o ajuste realizado (X)	
1. Realizar el cambio o relleno de aceite si es necesario (Ir a sección II).		()	
Especificar otro cambio y/o ajuste realizado:			
E. Actividades Finales (al finalizar cambios y/o ajustes si existieron)		Realizado (X)	Observación
1. Válidar que no existan componentes o piezas sueltas.		()	
4. Conectar la alimentación de energía		()	
5. Encender el arrancador automático (mover el interruptor a la posición AUTO)		()	
F. Observaciones Generales del Estado de la Máquina/Equipo			
Especificar si funciona con normalidad. (X) Si () No ()			
SECCIÓN II. CAMBIO O RELLENO DE ACEITE DEL COMPRESOR.			
Especificar el caso del cambio de aceite del compresor. (X)	El aceite cumplió su vida y es necesario cambiarse.	El aceite aún no cumple su vida útil y requiere un relleno.	Otro caso: (Especificar)
	()	()	
Equipo de Seguridad Personal	 Lentes de Seguridad	 Guantes Anticorte	 Cubrebocas Antipolvo
Herramientas/Insumos	 Aceite Sintético para compresor de tornillo	 Llave ajustable (perico)	 Jarra Medidora De Aceite Con Flexible De Plástico
			 Cinta PTFE
			 Trapo
PRECAUCIÓN	Desconectar cualquier tipo de energía que lo pueda accionar (bajar el switch del tablero principal).		
A. Actividades Iniciales		Realizado (X)	Observación
1. Pulsar el botón de stop.		()	
2. Desenergizar la energía general que alimenta el compresor.		()	
3. Desmontar la tapa que permite el acceso al interior del compresor.		()	
B. Rellenar de Aceite		Realizado (X)	Observación
1. Ubicar el depósito de aceite.		()	
2. Retirar el tapón de llenado de aceite utilizando la llave ajustable.		()	
3. Rellenar de aceite utilizando la jarra medidora hasta llevarlo al límite aceptable señalado en el medidor de aceite.		()	
4. Limpiar si hubo derrames de aceite.		()	
5. Colocar correctamente el tapón de llenado en su posición utilizando la llave ajustable, si es necesario utilizar cinta PTFE para sellar cualquier fuga existente y reemplazar el tapón a la brevedad.		()	

Figura 35 Parte 2. Plantilla de mantenimiento para el compresor de tornillo a 15hp.

D. Actividades Finales	Realizado (X)	Observación
1. Válidar que no existan componentes o piezas sueltas.	()	
2. Válidar nuevamente nivel correcto de aceite.	()	
1. Colocar nuevamente la tapa que permite el acceso al interior del compresor.	()	
5. Encender la energía que lo alimenta..	()	
6. Encender el compresor.	()	
7. Verificar que no existan anomalías en el funcionamiento y que no existan fugas.	()	
E. Observaciones Generales		
Especificar si funciona con normalidad. (X) Si () No ()		

Figura 36 Parte 3. Plantilla de mantenimiento para el compresor de tornillo a 15hp.

A continuación, se presenta la plantilla de mantenimiento para el *patín hidráulico transpaleta*:

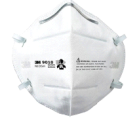
	PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO O CORRECTIVO		Hora	:	Fecha	/	/
	MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN		Frecuencia	Semanal	Máquina/ Equipo	PATÍN HIDRÁULICO TRANSPALETA	
			Tiempo Est.	30 min - 1 hr			
Responsable del Mantenimiento							
Gráfico del (la) máquina/equipo						1. Barra de tracción. 2. Perno de bloqueo del pistón. 3. Eje con orificio. 4. Pivotes flexibles. 5. Horquillas. 6. Palanca de control. 7. Perno con cadena.	
Información de seguridad							
Antes de iniciar con la actividad se debe verificar lo siguiente: 1. Verificar que se cuenta con el equipo de protección personal para la segura ejecución de la actividad y que este se encuentre en buen estado, de lo contrario solicitarlo y continuar. 2. Verificar que la herramienta necesaria para la realización de la actividad se encuentre libre y a disposición inmediata, al mismo tiempo validar que se encuentre en correctas condiciones de uso. 3. Informar sobre la realización de la actividad y si la misma requiere el paro de (la) máquina/equipo o de la producción en general.							
Equipo de Seguridad Personal	 Lentes de Seguridad  Guantes Anticorte  Cubrebocas Antipolvo						
Herramientas/Insumos	 Escoba  Trapo  Pistola de Aire conectada al compresor						

Figura 37 Parte 1. Plantilla de mantenimiento para el patín hidráulico transpaleta.

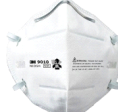
SECCIÓN I. INSPECCIÓN Y LIMPIEZA.			
ADVERTENCIA		El patín no debe tener ni guna carga al momento de su inspección y/o mantenimiento	
A. Actividades iniciales		Realizado (X)	Observación
1. Mover el patín a un espacio libre y que no obstaculise el proceso productivo.		()	
2. Apoyandose del gráfico de (la) maquina/equipo, verificar que todo se encuentre correctamente en su lugar.		()	
B. Actividades de limpieza		Realizado (X)	Observación
1. Con la escoba, limpiar la superficie en color naranja.		()	
2. Utilizando la pistola de aire y el trapo limpiar el resto de las zonas en color negro.		()	
3. Limpiar la palanca de control si es que está obstruida.		()	
C. Actividades de Verificación		Realizado (X)	Observación
1. Verificar los ejes de las ruedas en busca de fibras o residuos (limpiarlos si es necesario).		()	
2. Verificar la lubricación de los rodamientos y flechas.		()	
3. Verificar la lubricación en el resto de puntos que tengan fricción.		()	
4. Verificar que no existan fugas de ningún tipo.		()	
D. Actividades de Cambio y/o Ajuste		Cambio y/o ajuste realizado (X)	
1. Realizar el cambio de aceite si es necesario (Ir a sección II).		()	
2. Eliminar el aire que entra al aceite hidráulico si es necesario (Ir a sección III).		()	
3. Lubricar rodamientos, flechas y/o cualquier punto que lo requiera.		()	
Especificar otro cambio y/o ajuste realizado:			
E. Actividades Finales (al finalizar cambios y/o ajustes si existieron)		Realizado (X)	Observación
1. Válidar que no existan componentes o piezas sueltas.		()	
2. Válidar nuevamente que no existan fugas de ningún tipo.		()	
3. Válidar que el aceite hifráulico no tenga aire.		()	
4. Verificar que la palanca de control cumpla correctamente su función en conjunto con la barra de tracción.		()	
5. Realizar una prueba con una carga moderada de menos de 80kg hasta la altura máxima y bajar progresivamente las horquillas.		()	
F. Observaciones Generales del Estado de la Máquina/Equipo			
Especificar si funciona con normalidad. (X) Si () No ()			
SECCIÓN II. CAMBIO DE ACEITE			
Equipo de Seguridad Personal	 Lentes de Seguridad  Guantes Anticorte  Cubrebocas Antipolvo		
Herramientas/Insumos	 Llave allen de 5mm  Desarmadores largos (4" aprox) plano y cruz  Pinzas de punta  Martillo  Pinzas de presion  punta de desarmador de 4mm  Bote o recipiente  trapo		
A. Actividades iniciales		Realizado (X)	Observación
1. Mover el patín a un espacio libre de polvo y que no obstaculice el proceso productivo.		()	
B. Procedimiento para desmontar piezas y vaciar aceite		Realizado (X)	Observación
1. Utilizando el desarmador largo de cruz, bloquear la barra de tracción y el resorte, posteriormente quitar la cadena que se encuentra detrás del resorte apoyandose de la palanca que se encuentra del lado derecho. NO QUITAR EL DESARMADOR HASTA QUE SE INDIQUE. 		()	

Figura 38 Parte 2. Plantilla de mantenimiento para el patín hidráulico transpaleta.

2. Con las pinzas de punta, quitar el pin del pasador de ambos extremos para poder acceder a la barra de tracción.		()	
3. Quitar la barra de tracción. (Imagen de referencia)		()	
4. Extraer pasadores de ambos extremos utilizando el martillo y las pinzas de presión sosteniendo la punta de desarmador. (Imagen de referencia)		()	
5. Retirar el tornillo con cabeza para llave allen de 5mm.		()	
6. Voltrear el patín para mayor comodidad y utilizando el desarmador largo y el martillo, retirar los pernos. (Imagen de referencia)		()	
7. Retirar pieza con cuidado. (Imagen de referencia)		()	
8. Preparar el bote o recipiente para poder quitar el tapón de vaciado/llenado con la llave allen.		()	
9. Vaciar el aceite en su totalidad que contenga en el bote o recipiente, posterior a ello, limpiar si es necesario. (Imagen de referencia)		()	
C. Llenado de aceite		Realizado (X)	Observación
1. Sujetar la pieza y rellenar de aceite (0.4L o hasta que comience a gotear cuando se coloca en su posición normal en vertical). (Imagen de referencia, no es necesario retirar las llantas).		()	
2. Volver a colocar el tapón de vaciado/llenado.		()	
3. Verificar que no existen fugas.		()	
4. Volver a ensamblar todo detenidamente.		()	

Figura 39 Parte 3. Plantilla de mantenimiento para el patín hidráulico transpaleta.

D. Verificación		Realizado (X)	Observación
1. Después de ensamblar todo, verificar que no haya piezas sueltas.		()	
2. Poner la palanca de control en posición para levantar y bombear con la barra de tracción hasta que se levanten las horquillas hasta el máximo y bajarlas, repetir tres veces.		()	
3. Realizar una prueba con una carga moderada de menos de 80kg hasta la altura máxima y bajar progresivamente las horquillas.		()	
E. Observaciones Generales del Estado de la Máquina/Equipo			
Especificar si funciona con normalidad. (X) Si () No ()			
SECCIÓN III. ELIMINAR EL AIRE EN EL ACEITE HIDRÁULICO			
Nota: Puede entrar aire al aceite hidráulico debido al transportar obompear en una posición incorrecta, puede ocasionar que las horquillas no se eleven cuando se bombea en la posición LEVANTAR.			
Equipo de Seguridad Personal	 Lentes de Seguridad  Guantes Anticorte  Cubrebocas Antipolvo		
A. Actividades iniciales		Realizado (X)	Observación
1. Mover el patín a un espacio libre de polvo y que no obstaculice el proceso productivo.		()	
B. Pasos a seguir para eliminar el aire		Realizado (X)	Observación
1. Colocar la palanca de control en la posición BAJAR.		()	
2. Mover varias veces la barra de tracción de arriba hacia abajo.		()	
C. Actividades de verificación		Realizado (X)	Observación
1. Colocar la palanca de control en la posición LEVANTAR.		()	
2. Mover la barra de tracción de arriba hacia abajo y verificar si se solucionó el problema.		()	
D. Observaciones Generales del Estado de la Máquina/Equipo			
Especificar si funciona con normalidad. (X) Si () No ()			

Figura 40 Parte 4. Plantilla de mantenimiento para el patín hidráulico transpaleta.

A continuación, se presenta la plantilla de mantenimiento para el *apilador semi-eléctrico de 1.2 ton*:

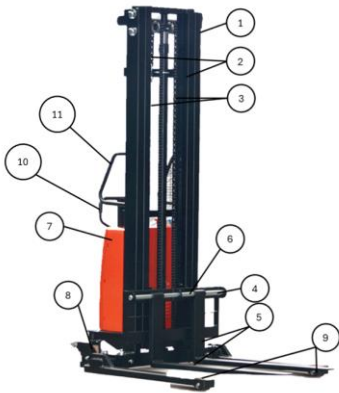
	PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO O CORRECTIVO	Hora	:	Fecha	/ /
	MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN	Frecuencia	Semanal	Máquina/ Equipo	APILADOR SEMI- ELÉCTRICO DE 1.2 TON
		Tiempo Est.	15 min		
Responsable del Mantenimiento					
Gráfico del (la) máquina/equipo		1. Mástil. 2. Másti telescópico. 3. Cadenas de elevación. 4. Carro porta horquillas. 5. Horquillas. 6. Rieles de mástil. 7. Carcasa protectora de Batería y sistema de elevación. 8. Ruedas directrices. 9. Ruedas de carga. 10. Volante de dirección. 11. Barra de apoyo.			

Figura 41 Parte 1. Plantilla de mantenimiento para el apilador semi-eléctrico de 1.2 ton.

Información de seguridad		
Antes de iniciar con la actividad se debe verificar lo siguiente: 1. Verificar que se cuenta con el equipo de protección personal para la segura ejecución de la actividad y que este se encuentre en buen estado, de lo contrario solicitarlo y continuar. 2. Verificar que la herramienta necesaria para la realización de la actividad se encuentre libre y a disposición inmediata, al mismo tiempo validar que se encuentre en correctas condiciones de uso. 3. Informar sobre la realización de la actividad y si la misma requiere el paro de (la) máquina/equipo o de la producción en general.		
Equipo de Seguridad Personal	 Lentes de Seguridad	 Guantes Anticorte
	 Cubrebocas Antipolvo	
Herramientas/Insumos	 Escoba	 Trapo
	 Pistola de Aire	
SECCIÓN I. INSPECCIÓN Y LIMPIEZA.		
PRECAUCIÓN	Desconectar cualquier tipo de energía que lo pueda accionar (bajar el boton rojo).	
A. Actividades iniciales		Realizado (X)
1. Colocar las horquillas en la posición más baja.		()
2. Mover cualquier objeto que pueda obstaculizar la actividad y mover el apilador lo más cercano a la salida de la pistola de aire.		()
B. Actividades de limpieza		Realizado (X)
1. Realizar la limpieza de toda la superficie del apilador con el trapo, pistola de aire y escoba.		()
C. Actividades de Verificación		Realizado (X)
1. Verificar que no haga ruidos extraños al subir y bajar las horquillas.		()
2. Verificar que las ruedas no estén atascadas con algún objeto.		()
3. Verificar que los rodamientos se mantengan en su posición y estén alineados.		()
4. Verificar que al subir y bajar las horquillas, la velocidad de elevación y de descenso no haya disminuido.		()
5. Verificar que los soportes traseros y superiores de las horquillas se encuentren alineados y sus tuercas bien ajustadas.		()
6. Verificar que el botón rojo de encendido y paro se encuentre bien empotrado y funcione correctamente.		()
7. Verificar que la palanca de control de elevación no esté floja y cumpla su función.		()
8. Verificar que el puerto de carga no se encuentre obstruido por algún objeto que impida que se realice la conexión correctamente.		()
D. Actividades de Cambio y/o Ajuste		Cambio y/o ajuste realizado (X)
Especificar cambio y/o ajuste realizado:		
E. Actividades Finales (al finalizar cambios y/o ajustes si existieron)		Realizado (X)
1. Válidar que no existan componentes o piezas sueltas.		()
2. Válidar que todas las ruedas giren con normalidad.		()
3. Válidar que el freno de la rueda de dirección cumpla su función.		()
F. Observaciones Generales del Estado de la Máquina/Equipo		
Especificar si funciona con normalidad. (X) Si () No ()		

Figura 42 Parte 2. Plantilla de mantenimiento para el apilador semi-eléctrico de 1.2 ton.

A continuación, se presenta la plantilla de mantenimiento para la *Bascula Rhino* (Indicador Electrónico y Plataforma):

	PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO O CORRECTIVO		Hora	:	Fecha	/ /
	MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN		Frecuencia	Semanal	Máquina /Equipo	Bascula Rhino (Indicador Electrónico y Plataforma)
			Tiempo Est.	15 min		
Responsable del Mantenimiento						
Gráfico del (la) máquina/equipo						1. Plataforma. 2. Indicador Electrónico.
Información de seguridad						
Antes de iniciar con la actividad se debe verificar lo siguiente: 1. Verificar que se cuenta con el equipo de protección personal para la segura ejecución de la actividad y que este se encuentre en buen estado, de lo contrario solicitarlo y continuar. 2. Verificar que la herramienta necesaria para la realización de la actividad se encuentre libre y a disposición inmediata, al mismo tiempo validar que se encuentre en correctas condiciones de uso. 3. Informar sobre la realización de la actividad y si la misma requiere el paro de (la) máquina/equipo o de la producción en general.						
Equipo de Seguridad Personal	  					
Herramientas/Insumos	  					
SECCIÓN I. INSPECCIÓN Y LIMPIEZA.						
PRECAUCIÓN	Desconectar cualquier tipo de energía que lo pueda accionar (bajar el switch del tablero principal).					
A. Actividades iniciales			Realizado (X)		Observación	
1. Desconectar de la toma de corriente y apagar el indicador electrónico.			()			
2. Mover cualquier objeto que pueda obstaculizar la actividad.			()			
B. Actividades de limpieza			Realizado (X)		Observación	
1. Realizar la limpieza del área de la plataforma con pistola de aire y escoba.			()			
2. Limpiar la superficie del indicador electrónico utilizando el trapo.			()			
C. Actividades de Verificación			Realizado (X)		Observación	
1. Verificar que la plataforma no se mueva en contacto con el suelo.			()			
2. Verificar que el indicador electrónico esté bien empotrado en la pared y no se mueva.			()			
3. Verificar las que las conexiones detrás del indicador electrónico esten bien colocadas.			()			
D. Actividades de Cambio y/o Ajuste			Cambio y/o ajuste realizado (X)			
1. Realizar el ajuste de los soportes inferiores de la plataforma.			()			
Especificar otro cambio y/o ajuste realizado:						
E. Actividades Finales (al finalizar cambios y/o ajustes si existieron)			Realizado (X)		Observación	
1. Válidar que no existan componentes o piezas sueltas.			()			
2. Conectar a la toma de corriente y verificar que cargue correctamente.			()			
3. Encender el indicador electrónico y no obstruir la plataforma hasta que el temporizador vuelva a cero.			()			
4. Probar pesando un objeto o persona que se conozca su peso.			()			
F. Observaciones Generales del Estado de la Máquina/Equipo						
Especificar si funciona con normalidad. (X) Si () No ()						

Figura 43 Plantilla de mantenimiento para la Bascula Rhino (Indicador Electrónico y Plataforma).

A continuación, se presenta la plantilla de mantenimiento para el *tablero de control eléctrico*:

	PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO O CORRECTIVO		Hora	:	Fecha	/ /
	MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN		Frecuencia	Semanal	Máquina/E quipo	TABLERO DE CONTROL ELÉCTRICO
			Tiempo Est.	10 min		
Responsable del Mantenimiento						
Gráfico del (la) máquina/equipo						
Información de seguridad						
Antes de iniciar con la actividad se debe verificar lo siguiente: 1. Verificar que se cuenta con el equipo de protección personal para la segura ejecución de la actividad y que este se encuentre en buen estado, de lo contrario solicitarlo y continuar. 2. Verificar que la herramienta necesaria para la realización de la actividad se encuentre libre y a disposición inmediata, al mismo tiempo validar que se encuentre en correctas condiciones de uso. 3. Informar sobre la realización de la actividad y si la misma requiere el paro de (la) máquina/equipo o de la producción en general.						
Equipo de Seguridad Personal	 Lentes de Seguridad  Guantes Anticorte  Cubrebocas Antipolvo					
Herramientas/Insumos	 Desarmador de cruz y/o plano  Trapo  Pistola de Aire conectada al compresor  Pinzas de punta con					
SECCIÓN I. INSPECCIÓN Y LIMPIEZA.						
Nota: Esta actividad se realiza al finalizar la jornada laboral semanal en domingo o en su defecto, algún día que se realice limpieza general.						
PRECAUCIÓN	Desconectar cualquier tipo de energía que lo pueda accionar (bajar el switch del tablero principal).					
A. Actividades iniciales			Realizado (X)		Observación	
1. Abrir el tablero usando la llave especial que se muestra en el gráfico de arriba.			()			
2. Bajar todos los interruptores.			()			
3. Mover cualquier objeto que pueda obstaculizar la actividad.			()			
B. Actividades de limpieza			Realizado (X)		Observación	
1. Realizar la limpieza del área interna del tablero utilizando la pistola de aire y moderando la presión.			()			
2. Limpiar la parte externa del tablero con el trapo y la pistola de aire.			()			
C. Actividades de Verificación			Realizado (X)		Observación	
1. Verificar el estado de las conexiones.			()			
2. Verificar que las terminales estén ajustadas correctamente con el desarmador y las pinzas.			()			
3. Verificar que no exista algún corto circuito.			()			
D. Actividades de Cambio y/o Ajuste			Cambio y/o ajuste realizado (X)			
1. Realizar el ajuste de terminales existentes.			()			
Especificar otro cambio y/o ajuste realizado:						
E. Actividades Finales (al finalizar cambios y/o ajustes si existieron)			Realizado (X)		Observación	
1. Validar que no existan componentes o piezas sueltas.			()			
2. Verificar que todo encienda correctamente.			()			
3. Cerrar correctamente el tablero en sus dos puntos.			()			
F. Observaciones Generales del Estado de la Máquina/Equipo						
Especificar si funciona con normalidad. (X) Si () No ()						

Figura 44 Plantilla de mantenimiento para el tablero de control eléctrico.

A continuación, se presenta la plantilla de mantenimiento para la *bazuca de 4m y motor eléctrico trifásico de 1hp y su banda*, y para *bazuca con tolva de 2m y motor eléctrico trifásico de 2hp y su banda*:

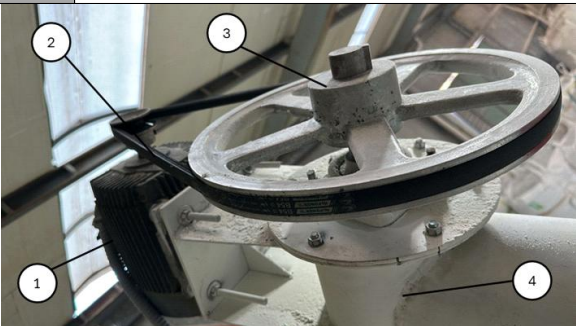
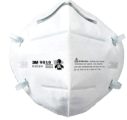
	PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO O CORRECTIVO		Hora	:	Fecha	/ /
	MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN		Frecuencia	Semanal	Máquina/Equipo	Bazuca de 4m y Motor Eléctrico Trifásico de 1hp y Su Banda
			Tiempo Est.	30 min - 1 hr		Bazuca con tolva de 2m y Motor Eléctrico Trifásico de 2hp y Su Banda
Responsable del Mantenimiento						
Gráfico del (la) máquina/equipo						1. Motor Eléctrico Trifásico de 1hp (bazuca de 4m) o 2hp (bazuca de 2m). 2. Banda B-54 (bazuca de 4m) o B-52 (bazuca de 2m). 3. Polea de bazuca. 4. Cuerpo de bazuca. <i>Nota:</i> La imagen (Gráfico del (la) máquina/equipo) sirve como referencia para ambos motores, bazucas y bandas, ya que físicamente son similares.
	Información de seguridad					
Antes de iniciar con la actividad se debe verificar lo siguiente: - Verificar que se cuenta con el equipo de protección personal para la segura ejecución de la actividad y que este se encuentre en buen estado, de lo contrario solicitarlo y continuar. - Verificar que la herramienta necesaria para la realización de la actividad se encuentre libre y a disposición inmediata, al mismo tiempo validar que se encuentre en correctas condiciones de uso. - Informar sobre la realización de la actividad y si la misma requiere el paro de (la) máquina/equipo o de la producción en general.						
Equipo de Seguridad Personal	 Lentes de Seguridad  Guantes Anticorte  Cubrebocas Antipolvo					
Herramientas/Insumos	 Llave española de 15mm  Trapo  Pistola de Aire conectada al compresor					
SECCIÓN I. INSPECCIÓN Y LIMPIEZA.						
PRECAUCIÓN	Desconectar cualquier tipo de energía que lo pueda accionar (bajar el switch del tablero principal).					
A. Actividades iniciales			Realizado (X)		Observación	
1. Dirigirse hacia la bazuca en la que se va a realizar la actividad, llevando el trapo y la pistola de aire.			()			
2. Mover cualquier objeto que pueda obstaculizar la actividad.			()			
B. Actividades de limpieza			Realizado (X)		Observación	
1. Realizar la limpieza del área del motor, polea y la bazuca al alcance utilizando la pistola de aire, buscando retirar polvo y material ligero que pueda quedar pegado.			()			
C. Actividades de Verificación			Realizado (X)		Observación	
1. Verificar que las tuercas estén ajustadas y alineadas correctamente con la llave española.			()			
2. Verificar el estado de la banda (tensión, desgaste y alineamiento).			()			
3. Verificar el estado del motor y sonidos extraños (2 min).			()			
4. Verificar el estado de la polea (daños, desgaste, movimientos irregulares, exceso de "juego").			()			
5. Verificar que no exista ninguna pieza suelta en general o alguna irregularidad.			()			

Figura 45 Parte 1. Plantilla de mantenimiento para la bazuca de 4m y motor eléctrico trifásico de 1hp y su banda, y para bazuca con tolva de 2m y motor eléctrico trifásico de 2hp y su banda.

5. Verificar que no exista ninguna pieza suelta en general o alguna irregularidad.		()	
D. Actividades de Cambio y/o Ajuste		Cambio y/o ajuste realizado (X)	
1. Realizar el cambio/ajuste (alineación) de la banda y/o nivelación del motor si es necesario. (Ir a sección II).		()	
Especificar otro cambio y/o ajuste realizado:			
E. Actividades Finales (al finalizar cambios y/o ajustes si existieron)		Realizado (X)	Observación
1. Válidar que no existan componentes o piezas sueltas.		()	
2. Válidar que todas las tuercas estén ajustadas.		()	
3. Válidar que la válvula de esfera esté en posición abierta.		()	
4. Conectar la alimentación de energía.		()	
5. Encender el motor y verificar que no existan irregularidades.		()	
F. Observaciones Generales del Estado de la Máquina/Equipo			
Especificar si funciona con normalidad. (X) Si () No ()			
SECCIÓN II. CAMBIO/AJUSTE (ALINEACIÓN) DE LA BANDA.			
PRECAUCIÓN	Desconectar cualquier tipo de energía que lo pueda accionar (bajar el switch del tablero principal).		
Nota: Si solo desea realizar el ajuste (alineación) de la banda, dirigirse hacia "D. Ajuste (alineación) de la banda y nivelación del motor".			
Especificar la (s) actividad (es) a realizar.	Cambio de banda (s)	Ajuste (alineación)	Otro caso: (Especificar)
(X)	()	()	
Equipo de Seguridad Personal	 Lentes de Seguridad	 Guantes Anticorte	 Cubrebocas Antipolvo
Herramientas/Insumos	 Desarmador plano o similar para hacer "palanca"	 Llave española de 15mm	 Banda con código B-54 (Bazuca de 4m) y/o Banda con código B-52 (Bazuca de 2m)
A. Actividades iniciales		Realizado (X)	Observación
1. Dirigirse hacia la bazuca en la que se va a realizar la actividad, llevando las herramientas necesarias.		()	
2. Mover cualquier objeto que pueda obstaculizar la actividad.		()	
B. Retirar banda desgastada		Realizado (X)	Observación
1. Utilizando la llave española, aflojar las tuercas que se encuentran en la base del motor hasta que éste pueda bajar de la altura actual.		()	
2. Ajustar las tuercas con las manos para evitar que el motor se mueva en el proceso.		()	
3. Utilizando el desarmador plano o el objeto para hacer palanca, retirar la banda desde la polea de la bazuca, girando hasta que salga por sí sola.		()	
C. Colocar banda nueva		Realizado (X)	Observación
1. Comenzando desde la polea del motor, sobreponer la banda.		()	
2. Estirar la banda hasta sobreponerla sobre la polea de la bazuca.		()	
3. Con el desarmador u objeto para hacer palanca, alinear la banda a las poleas del motor y bazuca, hasta que entre en su totalidad.		()	
4. Verificar que la banda está colocada correctamente en las poleas.		()	
D. Ajuste (alineación) de la banda y nivelación del motor.		Cambio y/o ajuste realizado (X)	
1. Aflojar las tuercas que se encuentran en la parte inferior de la base del motor la misma distancia en sus cuatro puntos de apoyo (de 1cm a 1.5cm como recomendación).		()	
2. Con una mano levantar el motor y utilizar un espaciador o cualquier objeto que permita mantener el motor en posición si es necesario.		()	
3. Apretar la tuerca inferior y la tuerca superior que sujetan la base del motor para evitar que se afloje con las vibraciones, asegurarse de que al apretar las tuercas se busque la posición correcta en la que la polea del motor y la polea de la bazuca estén alineadas correctamente.		()	
Especificar otro cambio y/o ajuste realizado:			
E. Actividades Finales		Realizado (X)	Observación
1. Válidar que no existan componentes o piezas sueltas.		()	
2. Válidar que todas las tuercas estén ajustadas correctamente.		()	
3. Válidar que la polea del motor y la polea de la bazuca se encuentren alineadas correctamente, utilizar la banda como referencia.		()	
4. Conectar la alimentación de energía.		()	
5. Encender el motor y verificar que no existan irregularidades en el movimiento y/o ruidos extraños.		()	
F. Observaciones Generales del Estado de la Máquina/Equipo			
Especificar si funciona con normalidad. (X) Si () No ()			

Figura 46 Parte 2. Plantilla de mantenimiento para la bazuca de 4m y motor eléctrico trifásico de 1hp y su banda, y para bazuca con tolva de 2m y motor eléctrico trifásico de 2hp y su banda.

V. Conclusiones

Conclusiones de Proyecto

- ✓ ECOCHEM cuenta ahora con un marco técnico que respalda la toma de decisiones en mantenimiento, permitiendo identificar qué equipos requieren atención inmediata y cuáles deben ser monitoreados bajo intervalos programados.
- ✓ La matriz de refacciones críticas desarrollada permite reducir el riesgo de paros prolongados, priorizando componentes que afectan directamente la continuidad operativa y la seguridad del personal.
- ✓ La documentación generada constituye la base para un sistema de mantenimiento preventivo, el cual puede ampliarse hacia estrategias más avanzadas como mantenimiento predictivo o mantenimiento basado en confiabilidad (RCM).
- ✓ El análisis realizado evidenció que la falta de protocolos formales incrementaba las fallas repetitivas; con la propuesta generada, se establecen lineamientos que fomentan la cultura del mantenimiento planificado.
- ✓ El proyecto aportó herramientas que fortalecen la gestión de activos físicos, favoreciendo la trazabilidad, la eficiencia de producción y la seguridad operativa.

Recomendaciones

1. Formalizar el departamento de mantenimiento, asignando responsables y roles claros para ejecución, planeación y control.
2. Implementar indicadores clave (KPI) tales como MTBF, MTTR y disponibilidad, para evaluar objetivamente el impacto de las mejoras.
3. Capacitar al personal operativo en inspecciones básicas, a fin de detectar fallas tempranas y reducir tiempos de respuesta.
4. Actualizar anualmente la matriz de criticidad y refacciones, considerando cambios en demanda, desgaste natural y ampliación del proceso productivo.
5. Continuar con la mejora continua del plan preventivo, ajustando frecuencias con base en comportamiento real de los equipos y reducción de tiempos.
6. Adquirir todas las máquinas/equipos necesarios para poder tener una matriz de refacciones completa aplicada a la realidad del proceso.

Experiencia Personal Profesional Adquirida

A lo largo del desarrollo de este proyecto tuve la oportunidad de enfrentarme directamente a un entorno industrial real, lo cual representó una experiencia formativa de gran valor profesional y personal. El trabajo dentro de ECOCHEM permite comprender que el mantenimiento no es únicamente una actividad técnica, sino una función estratégica que sostiene la continuidad operativa de toda la empresa y una situación de seguridad operativa para el personal. Al convivir diariamente con operadores, se puede observar de primera mano la importancia de la comunicación efectiva, la coordinación en el proceso productivo y la responsabilidad que implica tomar decisiones que pueden influir en la producción completa de una planta.

La experiencia adquirida no se limitó a aplicar conocimientos teóricos; implicó analizar equipos reales, realizar inspecciones para la mejor interpretación continua, revisar instalaciones, documentar procesos, identificar riesgos y validar información directamente en campo. Esto brinda un entendimiento más completo sobre el comportamiento de los activos bajo condiciones reales y normales de trabajo y sobre cómo la falta de procedimientos puede impactar negativamente en la eficiencia y la seguridad o producir algún paro de producción inesperado.

La elaboración de la matriz de criticidad, en la construcción de la sábana de mantenimiento y en la identificación de refacciones críticas me permite desarrollar una visión integral del proceso productivo. Aprendí a evaluar la relevancia de cada equipo no solo por su función individual, sino por su impacto dentro del flujo total de producción. Este enfoque, más analítico y orientado a la gestión de activos, fortaleció mi capacidad para priorizar problemas y proponer soluciones técnicas viables para mejorar el proceso y evitar paros.

Otro aspecto valioso fue el aprendizaje relacionado con la adaptación. Al ser ECOCHEM una empresa relativamente nueva, muchas veces fue necesario ajustar metodologías, proponer mejoras desde cero o buscar soluciones creativas ante limitaciones de información o recursos. Esto fortaleció mi capacidad para trabajar en escenarios inciertos, tomar iniciativa y proponer alternativas basadas en criterio técnico.

VI. Competencias Desarrolladas

Competencias Desarrolladas y/o Aplicadas

- ✓ Competencias técnicas en mantenimiento industrial, incluyendo diagnóstico, evaluación funcional y documentación de procedimientos.
- ✓ Aplicación de metodologías de gestión de activos, tales como análisis de criticidad, clasificación de equipos (críticos) y determinación de refacciones críticas.
- ✓ Competencias analíticas, empleando pensamiento ingenieril para estructurar problemas, priorizar riesgos y proponer soluciones viables adecuándolas al formato correspondiente y que cualquier persona pueda solucionar siguiendo cada paso.
- ✓ Comunicación profesional, mediante la interacción constante con personal de producción y mantenimiento para validar datos y obtener información operativa confiable.
- ✓ Planeación y organización, al estructurar cronogramas de trabajo, entregables técnicos y análisis de control para poder adecuar cada formato.
- ✓ Uso de herramientas informáticas y técnicas de documentación, necesarias para generar matrices, anexos, tablas y procedimientos normalizados.
- ✓ Proponer soluciones y metodologías funcionales para el proceso productivo.

VII. Fuentes de Información

Fuentes de Información

- Grotech Color Sorter. (s. f.). What machine sorts by color. Grotech Color Sorter. https://es.grotechcolorsorter.com/blog/what-machine-sorts-by-color_b195#:~:text=La%20máquina%20específica%20utilizada%20para,eficiente%20basada%20en%20el%20color
- Expertos en Reciclaje de Plástico. (s. f.). Lauffer Vision. Expertos en Reciclaje de Plástico. <https://www.expertosenreciclajedeplastico.com/views/modules/lauffer-vision.php>
- AreaCooling. (s. f.). Compresores: definición, clasificación y tipos. AreaCooling. <https://areacooling.com/areacademy/es/compresores-definicion-clasificacion-y-tipos/>
- Rodaleon. (s. f.). Patín hidráulico. Rodaleon. <https://www.rodaleon.com/patin-hidraulico>
- Anhui Heli Forklift Co., Ltd. (HELI). (s. f.). About HELI: Company profile. Recuperado el 7 de diciembre de 2025, de <https://www.helichina.net/about/>
- Truper. (s. f.). Patín transpaleta 2 ton, ruedas delanteras de PU, traseras de hule [Ficha técnica]. Truper. https://www.truper.com/ficha_tecnica/Patin-traspaleta-2-tonruedas-delanteras-de-PU-traseras-hule-4051.html
- Noblemaq. (s. f.). Apiladores semieléctricos. Noblemaq. <https://noblemaq.com/productos/apiladores-semielectricos/>
- White, J. M. (1999). Material handling handbook (2.^a ed.). McGraw-Hill.
- Rines, R. L. P. (1965). Handbook of conveyor and elevator belting. McGraw-Hill.
- Munson, B. R., Young, D. F., & Okiishi, T. H. (2012). Fundamentals of fluid mechanics (7.^a ed.). Wiley.
- Screw Conveyor Corporation. (s. f.). Screw conveyor engineering guide. <https://www.screwconveyor.com>
- Flexicon Corporation. (s. f.). Flexible screw conveyors: Design and selection. <https://www.flexicon.com>
- Hapman. (s. f.). Helical screw conveyors: Applications and engineering solutions. <https://www.hapman.com>
- American Society of Mechanical Engineers. (2019). ASME B20.1: Safety standard for conveyors and related equipment. <https://www.asme.org>
- International Organization for Standardization. (2015). ISO 9001: Quality management systems – Requirements (5.^a ed.).
- Amaya, J., Arango, S., & Betancur, M. (2018). Gestión del mantenimiento industrial: Fundamentos y aplicación. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/66443>
- Flores, L., & Méndez, J. (2019). Mantenimiento industrial: Estrategias, planificación y control. Alfaomega.

<https://www.alfaomega.com.mx/libros/mantenimiento-industrial-estrategias-planificacion-y-control/>

- García, J., & Mejía, D. (2017). Gestión de activos físicos y mantenimiento basado en confiabilidad. Universidad Politécnica de Valencia. <https://riunet.upv.es/handle/10251/99515>
- International Organization for Standardization. (2015). ISO 55000: Asset management — Overview, principles and terminology. <https://www.iso.org/standard/55088.html>
- International Organization for Standardization. (2015). ISO 14224: Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment. <https://www.iso.org/standard/63074.html>
- Mobley, R. K. (2002). An introduction to predictive maintenance (2nd ed.). Butterworth-Heinemann. <https://www.sciencedirect.com/book/9780750675314/an-introduction-to-predictive-maintenance>
- International Organization for Standardization. (2015). ISO 14001: Environmental management systems – Requirements with guidance for use (4.^a ed.).
- Amaya, J., Arango, S., & Betancur, M. (2018). Gestión del mantenimiento industrial: Fundamentos y aplicación. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/66443>
- Flores, L., & Méndez, J. (2019). Mantenimiento industrial: Estrategias, planificación y control. Alfaomega. <https://www.alfaomega.com.mx/libros/mantenimiento-industrial-estrategias-planificacion-y-control/>
- García, J., & Mejía, D. (2017). Gestión de activos físicos y mantenimiento basado en confiabilidad. Universidad Politécnica de Valencia. <https://riunet.upv.es/handle/10251/99515>

VIII. Anexos

Anexo 1 Análisis De Criticidad De Los Activos De ECOCHEM

CRITERIOS FUDAMENTALES														
Frecuencia de Fallas		Ptos	Impacto Operacional		Ptos	Flexibilidad Operacional		Ptos	Costo de Mantenimiento		Ptos	Impacto en Seguridad y Ambiente		Ptos
Mas de 8 fallas al Mes		4	Paro Total		10	No dispone de otro equipo		4	Mas de \$10,000		3	Daños y lesiones humanos		8
De 5 a 7 fallas al Mes		3	Afecta más del 50%		7	El proceso sigue en funcionamiento		2	Entre \$2,000 y \$10,000		2	Daños al medio ambiente		6
De 2 a 4 fallas al Mes		2	Afecta menos del 50%		4	Se dispone de otro equipo		1	Menos de \$2,000		1	Daños a instalaciones		4
Menor o igual a una falla al Mes		1	No Afecta		1							Daños menores		2
Veces que falla cualquier coponente del sistema/equipo.			Que tanto se detiene la producción cuando ocurre la falla.			Cuando se dispone de un equipo similar para reemplazarlo.			Costos relacionados a la falla.			Posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños a personas y al ambiente.		

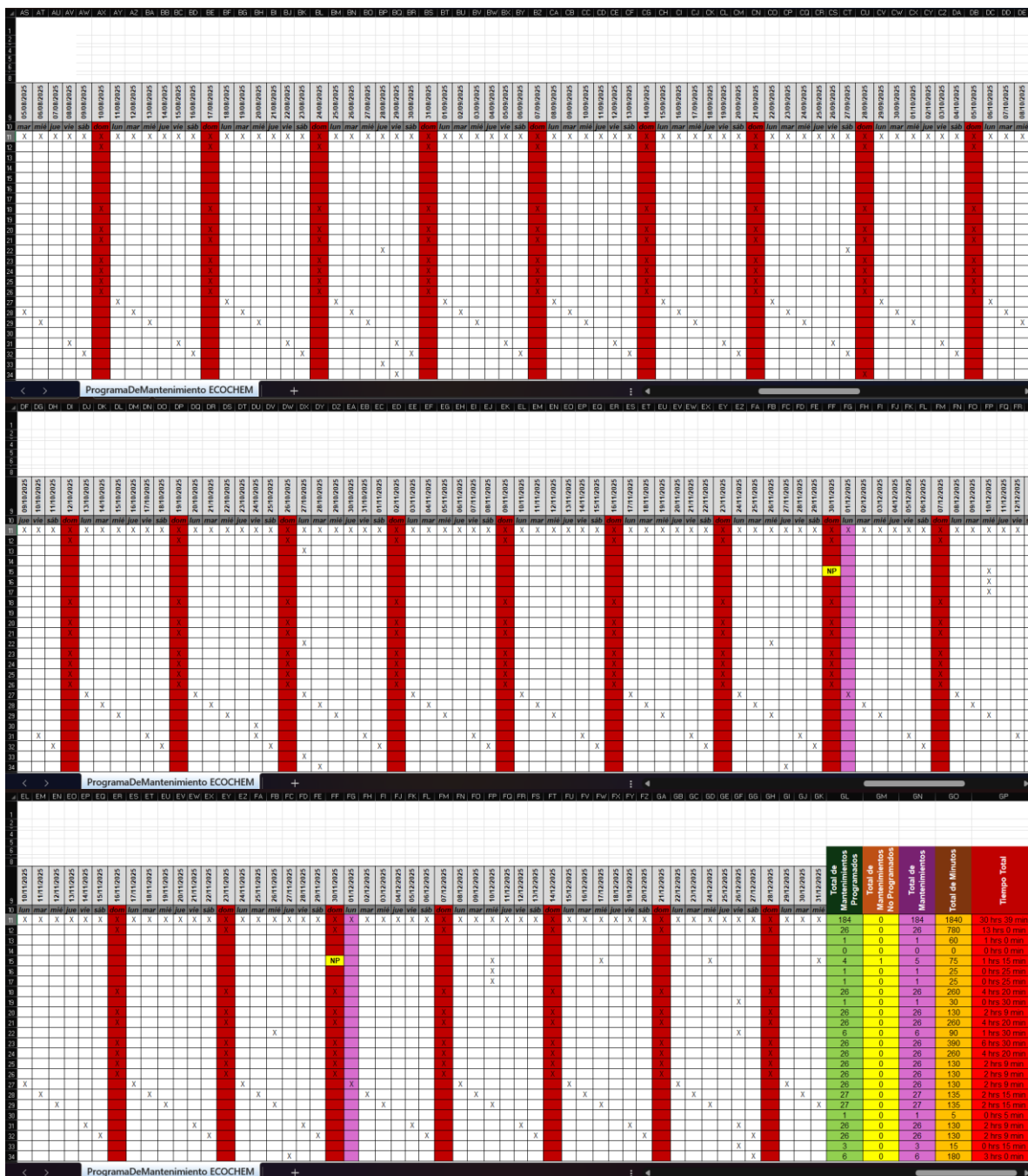


Figura 51 Anexo 2. Calendarización y conteo de mantenimientos.

Anexo 3 Ayuda Visual General De Los Procedimientos De Mantenimiento En Excel

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1		PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO O CORRECTIVO				Hora	:	Fecha	/ /			
2	ECOCHEM	MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN				Frecuencia	Semanal	Máquina/ Equipo	Máquina Clasificadora de Color y Etiqueta			
3						Tiempo Est.	10 min-15 min					
4	Responsable del Mantenimiento											
5	Advertencia Para éste caso no se emplearan imágenes de muestra, pero si instrucciones precisas para realizar el mantenimiento indicado, por motivos de confidencialidad y privacidad en el proceso productivo de la empresa ECOCHEM. Realizar el procedimiento con atención y cuidado.											
6	Información de seguridad											
7	Antes de iniciar con la actividad se debe verificar lo siguiente:											
8	1. Verificar que se cuenta con el equipo de protección personal para la segura ejecución de la actividad y que este se encuentre en buen estado, de lo contrario solicitarlo y continuar.											
9												
10	2. Verificar que la herramienta necesaria para la realización de la actividad se encuentre libre y a disposición inmediata, al mismo tiempo validar que se encuentre en correctas condiciones de uso.											
11												
12	3. Informar sobre la realización de la actividad y si la misma requiere el paro de (la) máquina/equipo o de la producción en general.											
13	Equipo de Seguridad Personal											
14		Lentes de Seguridad		Guantes Anticorte		Cubrebocas Antipolvo		Guantes de Carnaza				
15	Herramientas/Insumos											
16												
17												
18												
A < MÁQUINA CLAS C-E COMPRESOR DOBLE P COMPRESOR DE TORNILLO PATIN APILADOR BAZCULA Tablero Princp Motores 3F, bazucas y Bandas												

Figura 52 Plantillas de mantenimiento de lo activos de ECOCHEM y su vista general desde Excel.

Anexo 4 Cotización De Llaves Españolas



Cotización 251204.09142V

04/12/2025 09:14:03

CUMR8508228SA

CRUZ MUÑOZ ROBERTO JAVIER

Lugar de expedición:
(Sucursal Hidalgo)

Calle 18 DE MARZO #40, Colonia Jesús y San Juan, Apizaco Tlaxcala, C.P. 90358
TEL: 241-107-9352

Cliente:

VENTA MOSTRADOR

RFC:

XAXXD10101000

Domicilio:

Forma de pago:

UNA SOLA EXHIBICION

Método de pago:

Efectivo

Código	Cant.	Descripción	Unidad	Precio	Importe
1210M	1.00	LLAVE COMBINADAS PULIDO ESPEJO 12 PUNTAS 10 MM	Pieza	\$79.11	\$79.11
1212M	1.00	LLAVE COMBINADAS PULIDO ESPEJO 12 PUNTAS 12 MM	Pieza	\$87.71	\$87.71
1213M	1.00	LLAVE COMBINADAS PULIDO ESPEJO 12 PUNTAS 13 MM	Pieza	\$97.18	\$97.18
1214M	1.00	LLAVE COMBINADAS PULIDO ESPEJO 12 PUNTAS 14 MM	Pieza	\$107.50	\$107.50
1215M	1.00	LLAVE COMBINADAS PULIDO ESPEJO 12 PUNTAS 15 MM	Pieza	\$111.80	\$111.80
1218M	1.00	LLAVE COMBINADAS PULIDO ESPEJO 12 PUNTAS 18 MM	Pieza	\$135.03	\$135.03
1220M	1.00	LLAVE COMBINADAS PULIDO ESPEJO 12 PUNTAS 20 MM	Pieza	\$177.16	\$177.16
1224M	1.00	LLAVE COMBINADAS PULIDO ESPEJO 12 PUNTAS 24 MM	Pieza	\$237.36	\$237.36
1225M	1.00	LLAVE COMBINADAS PULIDO ESPEJO 12 PUNTAS 25 MM	Pieza	\$268.33	\$268.33
1230M	1.00	LLAVE COMBINADAS PULIDO ESPEJO 12 PUNTAS 30 MM	Pieza	\$405.06	\$405.06

*** MIL NOVECIENTOS SETENTA Y NUEVE PESOS 24 /100 M.N. ***

Subtotal:

\$1,706.24

IVA:

\$273.00

Total:

\$1,979.24

Fecha de impresión: 04/12/2025 09:14:16 a. m.

PRECIOS SUJETOS A CAMBIO SIN PREVIO AVISO

Página: 1 de 1

Figura 53 Anexo 4. Cotización de llaves españolas para la empresa ECOCHEM.