

Modelo de análisis de criticidad y matriz de riesgos como herramienta de apoyo para la toma de decisiones en la gerencia de mantenimiento de UNIBOL S.A.S.

Mauricio Alonso Jaimes Oyola, Sergio Junior Camaño Pacheco

Trabajo de Grado para Optar al Título de Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director

Daniel Ortiz Plata

Magister en Gerencia de Mantenimiento

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas

Escuela de Ingeniería Mecánica

Especialización en Gerencia de Mantenimiento

Bucaramanga

2026

Dedicatoria

Con todo el amor y gratitud del mundo, dedico esta monografía a mi esposa y a mis hijos, quienes son el corazón de mi vida. Gracias por su paciencia en mis ausencias, por sus abrazos en los días difíciles y por ser la razón por la que nunca dejé de intentarlo. Gracias por enseñarme cada día que el verdadero éxito está en el amor que se comparte y en los sueños que se construyen juntos. Este logro no es solo mío, es de todos.

Agradecimientos

En primer lugar, agradecimiento a Dios por brindarme fuerzas, sabiduría y mucho entendimiento para poder alcanzar esta meta.

Me gustaría agradecer a la Universidad Industrial de Santander (UIS) por abrirme las puertas y brindarme la oportunidad de avanzar en mi carrera profesional.

Agradezco especialmente al departamento de Ingeniería Mecánica por su constante apoyo. Su fe en mis habilidades y su disposición para ayudarme han sido fundamentales para la finalización de esta monografía.

A mi familiar, les doy un agradecimiento total por su paciencia ante los momentos de ausencia, su comprensión, apoyo y amor incondicional fueron un motivo para alcanzar este logro.

Primeramente, gracias a Dios por darme la fuerza y la sabiduría para afrontar este reto que me propuse hace años y hoy día está a punto de ser una realidad.

A mis padres que siempre estuvieron ahí apoyándome en cada una de las decisiones a nivel profesional, siempre han sido la motivación para cada uno de los retos que he afrontado y por los que me esmero para que se sientan orgullosos de mi trabajo.

A la Universidad Industrial de Santander en especial a cada uno de los excelentes profesionales que aportaron su valioso conocimiento para hoy ponerlo en práctica en mis actividades como profesional.

Tabla de Contenido

	Pág.
1. Introducción	11
1.1. Planteamiento del problema.....	12
1.2. Justificación	13
2. Objetivos	15
2.1. Objetivo General	15
2.2. Objetivos Específicos.....	15
3. Marco Conceptual	16
3.1. Taxonomía según ISO 14224.....	16
3.2. Análisis de Criticidad.....	17
3.3. Riesgo y Gestión del Riesgo.	19
4. Contextualización de la empresa UNIBOL S.A.S.	19
4.1. Objetivos organizacionales llevados a mantenimiento	20
4.2. Fabricación de Papel (FP)	20
4.3. Máquina de Papel.....	22
4.4. Filtro	23
4.5. Estructura de Mantenimiento	24
4.6. Paradas Programadas de Mantenimiento	26
5. Metodología para la construcción de la Matriz de Criticidad.....	31
6. Etapa de recolección, clasificación y selección de datos	31
7. Fase de Definición, construcción y estructuración de datos.	34
7.1. Diseño y modelamiento de los datos.	35

8.	Fase de Validación del modelo.	44
9.	Continuación de la implementación del modelo.....	50
10.	Conclusiones	52
11.	Recomendaciones	53
	Referencias Bibliográficas	54

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Matriz de criticidad evaluada en función del riesgo.	37

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Clasificación de la Taxonomía con los niveles taxonómicos.	17
Figura 2. Máquina de papel.	22
Figura 3. Filtro	23
Figura 4. Estructura de Mto.	25
Figura 5. Planeación de actividades de mantenimiento del Molino 1.	27
Figura 6. Planeación de actividades de mantenimiento del Molino 2.	27
Figura 7. Cumplimientos de paradas de mantenimiento.....	29
Figura 8. Cantidad de ordenes de trabajo y horas planeadas.	30
Figura 9. Porcentaje de cumplimientos de las ordenes planeadas.	30
Figura 10. Modulo Preparación Pasta Molino 2 - SAP	32
Figura 11. Equipos del módulo pulpeo.	33
Figura 12. Equipos módulo de limpieza	33
Figura 13. Equipos módulo espesador.	34
Figura 14. Equipos módulo refinador.	34
Figura 15. Cuadro de la matriz de riesgo.	35
Figura 16. Diseño de la matriz de criticidad.	36
Figura 17. Diseño de la matriz de riesgo.	36
Figura 18. Cantidad de equipos según su criticidad.	45
Figura 19. Hoja de ruta de inspecciones de tanques.	48
Figura 20. Plan de mantenimiento inspección tanques - SAP	49
Figura 21. Listado de tanques a los cuales se les aplico el nuevo plan de mantenimiento.....	49
Figura 22. Listado de tanques a los cuales se les aplico el nuevo plan de mantenimiento.....	50

Glosario

Análisis de Criticidad: Es un método para identificar y priorizar activos

Criticidad: Puede referirse a la importancia o gravedad de un activo.

Confiabilidad: Probabilidad de que un sistema, equipo o proceso funcione correctamente.

Matriz de riegos: Herramienta que permite evaluar y priorizar los riegos potenciales de un proceso.

Planeación: Proceso estratégico que establece objetivos, alcance y recursos.

Programación: Proceso táctico de asignar fechas de inicio y fin de actividades.

RCM (siglas en inglés): Mantenimiento Centrado en Confiabilidad

Resumen

Título: Modelo de análisis de criticidad y matriz de riesgos como herramienta de apoyo para la toma de decisiones en la gerencia de mantenimiento de UNIBOL S.A.S.

Autor: Mauricio Alonso Jaimes Oyola, Sergio Junior Camaño Pacheco

Palabras Clave: RCM, Confiabilidad, Pulpa y papel, industria papelera.

Descripción: Esta monografía tiene como propósito el modelamiento de un análisis de criticidad como herramienta de apoyo para la gestión de mantenimiento inicialmente aplicada a un módulo piloto del proceso productivo.

La propuesta nace ante una necesidad de mejorar la confiabilidad de la planta, en el sentido que durante las paradas programadas de mantenimiento no se estaba logrando cumplir con los tiempos objetivos, esto se ve reflejado en los tiempos finales de producción y en las toneladas/día que no se alcanzan a completar, generando un impacto negativo en las finanzas corporativas, al realizar una retrospectiva, se pudo rescatar la inclusión de actividades no planificadas, debido a esto se generaba una mala distribución en la asignación de recursos y dando como resultado un alto porcentaje de incumplimiento en el año 2025, que fue el año que se tomó de referencia.

Durante el desarrollo de la herramienta de análisis de criticidad de los activos del módulo piloto se espera poder priorizar el 100% de los equipos, permitiendo mostrarle al área de mantenimiento cuales son sus activos más críticos y dónde deben enfatizar sus recursos.

Adicionalmente, con esta herramienta se busca poder ayudar a la gestión de mantenimiento a generar un cronograma de parada de mantenimiento lo mayormente aterrizado a las actividades de activos críticos y horas hombre disponibles para lograr un cumplimiento en los tiempos de paradas programadas y poder brindarle a la compañía menores tiempos de paradas y mayores toneladas/día de producción.

* Trabajo de Grado

** Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Advisor: Daniel Ortiz Plata.

Abstract

Title: A Criticality Analysis Model and Risk Matrix as a Decision-Making Tool for Maintenance Management at UNIBOL S.A.S. *

Author(s): Mauricio Alonso Jaimes Oyola, Sergio Junior Camaño Pacheco **

Key Words: RCM, Reliability, Pulp and Paper, Paper Industry

Description: The purpose of this thesis is to develop a criticality analysis model as a tool to support maintenance management, initially applied to a pilot module of the production process.

The proposal arose from a need to improve plant reliability, as scheduled maintenance shutdowns were failing to meet target timelines. This is reflected in final production times and the tons per day that remain uncompleted, generating a negative impact on corporate finances. Upon retrospective analysis, it was found that unplanned activities were being included, which led to poor resource allocation and resulted in a high percentage of non-compliance in 2025, the year used as a reference.

During the development of the asset criticality analysis tool for the pilot module, we expect to be able to prioritize 100% of the equipment, allowing us to show the maintenance department which assets are most critical and where they should focus their resources.

In addition, this tool is designed to help maintenance management create a maintenance shutdown schedule that is closely aligned with critical asset activities and available man-hours, in order to ensure compliance with scheduled shutdown times and enable the company to achieve shorter downtime and higher daily production output.

* Degree Work

**School of Mechanical Engineering. Specialization in Maintenance Management. Advisor: xxxxx, Co-advisor: xxxxx.

1. Introducción

Unibol fue fundada en la ciudad de Barranquilla en el año 1949 por un visionario y gracias a su perseverancia y tenacidad logró superar grandes obstáculos, que no lo hicieron desistir de continuar con su sueño de construir una gran empresa (UNIBOL S.A.S., s.f.). Hasta la fecha, Unibol se ha logrado mantener en el sector industrial con grandes alianzas comerciales que le permiten distribuir todos sus productos papeleros de la línea KRAFT y TISSUE. En la actualidad, la planta papelera UNIBOL S.A.S., ubicada en el departamento del Atlántico, en el municipio de Soledad, enfrenta el desafío de evaluar y definir el nivel de criticidad sus activos productivos de manera sistemática, con el fin de determinar el impacto que sus fallas pueden generar en la operación y los tipos de acciones que deberían desarrollarse. La falta de un modelo estructurado de análisis de criticidad limita la capacidad de la organización para optimizar los planes de mantenimiento, asignar eficientemente los recursos disponibles y garantizar la continuidad del proceso productivo, evitar paradas no programadas o mantenimientos innecesarios.

El análisis de criticidad se define como el proceso de asignar a los activos una calificación de criticidad basada en su riesgo potencial. A su vez, el riesgo se define como "el efecto de la incertidumbre sobre los objetivos", de acuerdo con ISO 31000:2009 – Gestión del riesgo – Principios y directrices. Dado que no puede cuantificarse realmente, el riesgo, en este caso, se considera como todas las formas posibles en que los activos pueden fallar y los efectos que la falla puede tener en el sistema y la operación como un todo. Dado esto, el análisis de criticidad está estrechamente relacionado con un análisis de modos de falla y efectos (FMEA, por sus siglas en inglés) y un análisis de modos de falla, efectos y criticidad (FMECA, por sus siglas en inglés). (Trout, 2022)

Para que la gestión de riesgos sea efectiva y contribuya al cumplimiento de los objetivos del negocio, es fundamental contar con esta herramienta desde el inicio. (Jiménez, 2020). La matriz de riesgos es una herramienta clave para la gestión de riesgos en las empresas, ya que permite visualizar y valorar los riesgos para tomar decisiones sobre el tratamiento hacia los mismos.

También se ha evidenciado la ausencia del registro en el sistema SAP de equipos y componentes, lo que afecta la trazabilidad y disponibilidad de la información técnica. Adicionalmente, la toma de decisiones en mantenimiento se realiza de forma, principalmente, cualitativa, sustentada en la experiencia del personal con mayor antigüedad o en el criterio del área de producción, lo cual genera subjetividad e inconsistencia en la priorización de activos. Esta situación repercute directamente en la confiabilidad de los equipos, el control de costos de mantenimiento y la planificación operativa, dificultando la gestión integral de los activos.

Por lo anterior, se plantea la necesidad de desarrollar un modelo de análisis de criticidad y construir una matriz de riesgos que permitan establecer y unificar criterios objetivos y cuantificables para la toma de decisiones estratégicas, tácticas y operativas en mantenimiento, contribuyendo a la eficiencia, confiabilidad y sostenibilidad de la operación industrial.

1.1. Planteamiento del problema

Actualmente, en la planta papelera se realizan paradas de producción y mantenimiento de manera mensual, cada una con diferentes alcances y duraciones. Sin embargo, únicamente los componentes asociados al molino (prensa, fieltro y malla) cuentan con frecuencias de reemplazo establecidas, mientras que el resto de los equipos no poseen criterios definidos de intervención, lo que limita la planificación efectiva de las tareas de mantenimiento. Durante la ejecución de las

paradas se presentan interferencias operativas y falta de coordinación interdepartamental, ya que el área de operaciones continúa generando nuevas solicitudes -como inspección de equipos, reemplazo de válvulas, bombas o componentes electrónicos- que no estaban incluidas en la planificación inicial. Además, el área de planeación suele emitir entre 50 y 100 órdenes de trabajo para una misma pareja de técnicos, todas con la misma prioridad "urgente", lo que desvirtúa el proceso de priorización y afecta la ejecución eficiente de las actividades programadas. Esta situación genera sobrecarga de trabajo, incumplimiento de cronogramas, uso ineficiente de recursos y un impacto negativo en la disponibilidad confiabilidad de los equipos productivos.

1.2. Justificación

La presente investigación tiene como propósito construir un modelo para el análisis de criticidad y de una matriz para valorar los riesgos que faciliten la identificación y categorización de los activos críticos del proceso productivo, en particular los que representan un mayor impacto sobre la producción en la planta papelera UNIBOL S.A.S. Este modelo ha de construir en la mejora de la estructura jerárquica, conforme a los lineamientos establecidos en la norma ISO 14224, y así alimentar y actualizar el sistema SAP con los equipos y componentes correspondientes. También, permitirá enfocar los esfuerzos de mantenimiento en función de la criticidad de cada activo, priorizando la atención de aquellos que resulten más relevantes para la continuidad operativa. De igual manera, se espera que el resultado del modelo y de la matriz sirva como base para la mejora posterior en el alcance de los planes de mantenimiento, definir frecuencias de intervención acordes a la condición real de los equipos, asignar los recursos humanos y materiales, optimizar el uso de recursos propios y de terceros, reducir los tiempos improductivos y reprocesos, y evitar la ejecución de actividades que no aportan valor al proceso productivo.

En última instancia, el modelo propuesto contribuirá a incrementar la disponibilidad de los equipos, disminuir los tiempos medios de reparación (MTTR) y aumentar el tiempo medio entre fallas (MTBF), fortaleciendo así la eficiencia operativa y la confiabilidad del sistema de mantenimiento de la organización.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Diseñar un modelo de análisis de criticidad y matriz de riesgos que permita evaluar, priorizar y gestionar los activos productivos de la planta papelera UNIBOL S.A.S., con el fin de contribuir a la optimización de la planificación del mantenimiento, mejorar la confiabilidad operacional y apoyar la toma de decisiones basada en criterios técnicos y cuantitativos.

2.2. Objetivos Específicos

1. Definir los criterios y variables de evaluación para el modelo de análisis de criticidad, integrando factores de riesgo, frecuencia de fallas y consecuencias operacionales.
2. Diseñar la matriz de criticidad y riesgos, estableciendo la metodología de cálculo y ponderación que permita determinar el nivel de prioridad de cada activo.
3. Identificar y clasificar los activos críticos del módulo piloto seleccionado, considerando su impacto en la producción, seguridad, ambiente y costos operativos.
4. Validar el modelo propuesto mediante su aplicación en el módulo piloto, comparando sus planes de mantenimientos anteriores vs las propuestas de planes de mantenimiento posterior a la evaluación de criticidad.
5. Proponer lineamientos para la implementación gradual del modelo en el resto de la planta y su integración con el sistema SAP de mantenimiento.

3. Marco Conceptual

La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque aplicado y descriptivo, orientado a la propuesta y validación de un modelo de análisis de criticidad y matriz de riesgos para la toma de decisiones en la gestión del mantenimiento de la planta papelera UNIBOL S.A.S. en la ciudad de Barranquilla.

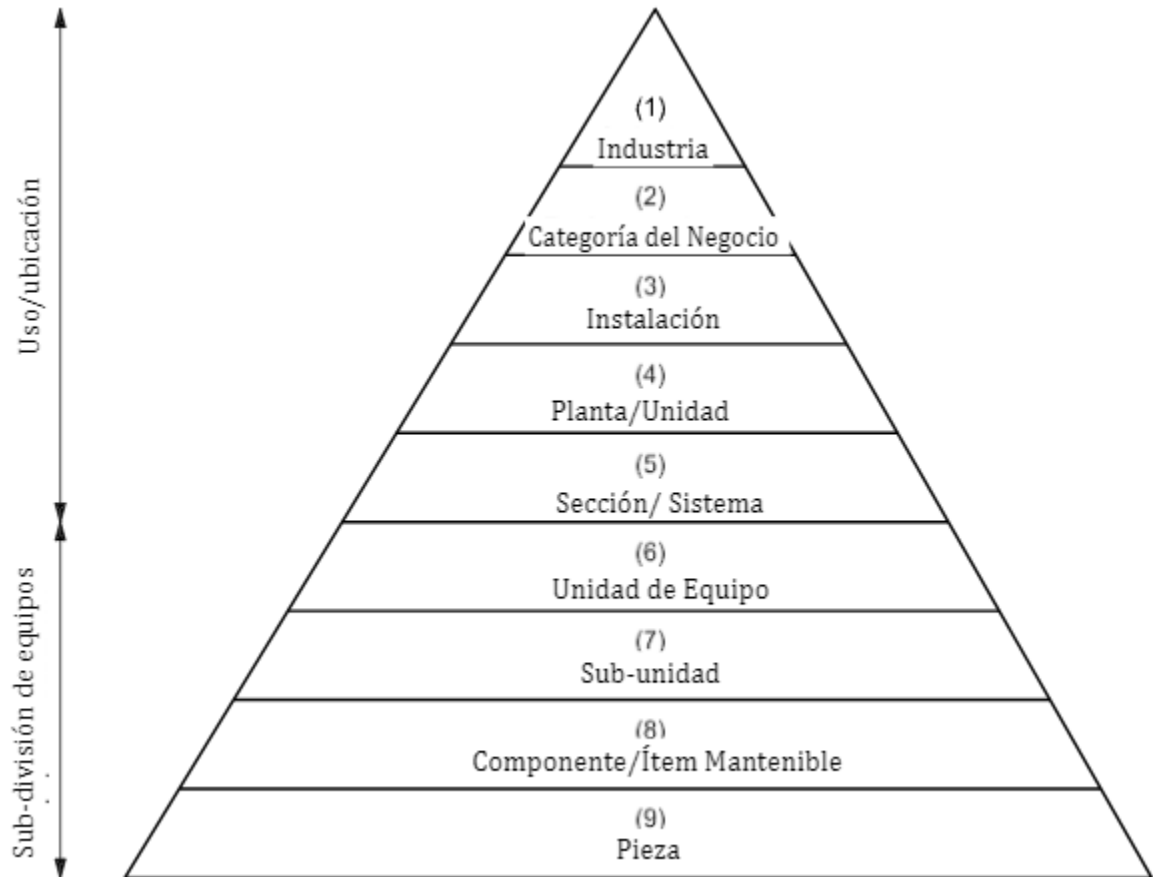
El diseño de investigación es de tipo no experimental y de campo, ya que se basa en la observación directa de los procesos y equipos, así como en la recopilación y análisis de datos operativos y de mantenimiento disponibles en el sistema SAP PM y en los registros internos de la empresa.

3.1. Taxonomía según ISO 14224.

La taxonomía es una clasificación sistemática de ítems en grupos genéricos basados en factores posiblemente comunes a varios ítems (ubicación, uso, subdivisión de equipos, etc.) Una clasificación de datos relevantes a recolectar de conformidad con este Estándar Internacional está representada por una jerarquía como se muestra en la Figura 3. Las definiciones para cada segmento se proporcionan más abajo, además de los ejemplos de diferentes flujos del negocio y tipos de equipos. (Organización Internacional de Normalización [ISO], 2016)

Figura 1.

Clasificación de la Taxonomía con los niveles taxonómicos.



3.2. Análisis de Criticidad

Como sugiere el nombre, el análisis de criticidad es un enfoque metódico para identificar qué tan crítico es un activo para el negocio. En otras palabras, un análisis de criticidad tiene como objetivo evaluar los riesgos potenciales y resaltar cualquier impacto comercial asociado con dichos riesgos. El análisis de criticidad es una medida utilizada para priorizar los activos en la planificación del mantenimiento. Combina la gravedad y la frecuencia de una falla potencial y usa esa información para calificar el nivel de criticidad de un activo. (UpKeep, s.f.).

La criticidad juega un papel en casi todos los tipos de mantenimiento. Todo se reduce al riesgo y lo que hace que cada pieza del equipo sea crítica. El análisis de criticidad le permite comprender los riesgos potenciales del activo que podrían afectar su operación. Asegura que la confiabilidad se vea con una lupa desde una perspectiva basada en el riesgo en lugar de la opinión de cada persona. (Trout, 2022)

Según el *Life Cycle Institute*, un modelo de análisis de criticidad debe cubrir múltiples áreas de su organización, incluyendo:

- Impacto en el cliente
- Impacto en la seguridad y el medio ambiente.
- Capacidad para aislar fallas de un solo punto
- Historial de mantenimiento preventivo (PM, por sus siglas en inglés)
- Historial de mantenimiento correctivo
- Tiempo medio entre fallas (MTBF, por sus siglas en inglés)
- Tiempo de entrega de repuestos
- Probabilidad de falla

El análisis de criticidad es una gran herramienta para identificar la prioridad de las tareas de mantenimiento. Una buena manera de verlo es que la prioridad de la tarea de mantenimiento debe establecerse por el nivel de riesgo que conlleva no realizar esa tarea. Coincidentemente, este nivel de riesgo asociado con no realizar una tarea de mantenimiento en particular está determinado por las consecuencias de la falla potencial que podría ocurrir si la tarea no se completa y la probabilidad de que ocurra esa falla si la tarea no se realiza en un tiempo predeterminado. (Trout, 2022)

3.3. Riesgo y Gestión del Riesgo.

RIESGO, efecto de la incertidumbre sobre los objetivos.

GESTIÓN DEL RIESGO, actividades coordinadas para dirigir y controlar la organización con relación al riesgo (3.1). (Organización Internacional de Normalización [ISO], 2018).

La gestión de riesgos es el proceso de identificar, evaluar y minimizar el impacto del riesgo. En otras palabras, es una forma de que las organizaciones identifiquen los peligros y amenazas potenciales y tomen medidas para eliminar o reducir las posibilidades de que ocurran.

Todas las organizaciones, sin importar su tamaño, deben priorizar una sólida gestión de riesgos. Esto se debe a que la gestión del riesgo no solo ayuda a identificar y controlar de manera proactiva las amenazas y vulnerabilidades que podrían afectar negativamente a la organización, sino que también permite establecer estrategias preventivas y de contingencia efectivas para mitigar su impacto. (Team, 2026)

4. Contextualización de la empresa UNIBOL S.A.S.

UNIBOL S.A.S. es una planta manufacturera de la industria de la pulpa y papel, dedicada a la producción y transformación de diferentes tipos de papel para uso industrial y comercial. La empresa cuenta con tres plantas de producción internas o áreas productivas principales, CONVERSIÓN SUAVE (CS), CONVERSIÓN KRAFT (CK) y FRABRICACIÓN DE PAPEL (FP), en esta investigación, el enfoque principal estará dirigido hacia la planta de Fabricación de Papel (FP), ya que representa un área estratégica dentro de la operación de la empresa y permite analizar de manera más detallada los procesos productivos, las condiciones operacionales y los

diferentes factores que influyen en el desempeño y eficiencia de la planta. Además, esta área ofrece un contexto adecuado para el desarrollo del estudio, debido a la relevancia que tiene dentro de la cadena de producción y al impacto que genera en la calidad del producto final y en el cumplimiento de los objetivos organizacionales.

4.1. Objetivos organizacionales llevados a mantenimiento

La competitividad y sostenibilidad financiera de la empresa UNIBOL están directamente relacionados entre su estrategia comercial y su capacidad instalada de producción. Para la gerencia de Operaciones & Mantenimiento (O&M) se tienen establecidos unos indicadores clave que permiten medir el rendimiento o desempeño de las áreas de OPERACIONES y MANTENIMIENTO, si bien Operaciones está ligado al cumplimiento de las toneladas de producidas y la calidad de este producto, la relación de Mantenimiento se erige como el custodio de la DISPONIBILIDAD de los activos del proceso productivo, siendo este el ítem que es dónde se está viendo afectado el proceso productivo.

Actualmente la organización ha establecido metas de efectividad global por líneas, estando distribuidas de la siguiente manera, OEE 86% (Molino 1) y 90% (Molino 2).

El Plan de ventas operacional (PVO) es el instrumento establecido por las áreas producción, comercial y mantenimiento que se consolida a inicio de cada mes y define formalmente los compromisos y pedidos con los clientes, este tiempo es el que le permite a mantenimiento establecer los tiempos de intervención o paradas programadas.

4.2. Fabricación de Papel (FP)

La planta de FABRICACIÓN DE PAPEL (FP) se compone de dos líneas principales de producción denominadas Molino 1 y Molino 2. La línea de producción correspondiente al Molino

1 está destinada a la fabricación de todas las marcas de papel tipo TISSUE/SUAVE, mientras que el Molino 2 se encarga de la producción de las referencias de papel KRAFT. Ambos procesos productivos inician con el ingreso de materia prima reciclada al área de preparación de pasta, donde se realiza el tratamiento y acondicionamiento de la fibra para posteriormente transformarla en bobinas de papel, que serán entregadas a las plantas de conversión para su posterior tratamiento para sacar el producto final.

En estos molinos o máquinas de papel se presenta una condición de mantenimiento muy peculiar y de gran importancia para la continuidad operativa del proceso productivo. El funcionamiento de los molinos depende en gran medida del estado y de la calidad del fieltro/tela componente por la cuál va viajando la pulpa/pasta de papel durante las etapas de formación y secado de papel. Debido al desgaste constante generado por las condiciones de operación, estos elementos requieren reemplazos periódicos que varían según el tipo de producción y las exigencias de cada línea.

En el caso del MOLINO 1, la vida útil del fieltro es aproximadamente de 30 días, debido a las características propias de la producción de papel tissue, que demanda mayores condiciones de suavidad y control en el proceso. Por otro lado, en el MOLINO 2 la vida útil del fieltro alcanza cerca de 90 días, ya que la fabricación de papel kraft presenta condiciones operativas diferentes y un menor nivel de desgaste sobre este componente; este cambio de componente puede conllevar entre 4 y 8 horas, este tiempo de parada programada, aprovecha el área de mantenimiento la indisponibilidad de los equipos para realizar intervenciones periféricas.

4.3. Máquina de Papel

Las máquinas modernas para papel y cartón (**Figura 2**), basada en el principio de la máquina de Fourdrinier, se compone básicamente de una tela transportadora sobre la cual se vierte una pasta de fibras y agua. Esta pasta cruza varias secciones donde se drena, presiona, calienta y calandra hasta obtener el papel. (OVERMADE, s.f.)

Figura 2.

Máquina de papel.



4.4. Fieltro

Fibras de lana se clasifican y distribuyen uniformemente mediante un proceso de punzado, las cuales se unen mecánicamente por compresión sin adhesivos o aglomerantes que afecten sus propiedades físico-mecánicas (**Figura 3**). (SUIMTEC, s.f.).

Figura 3.

Fieltro



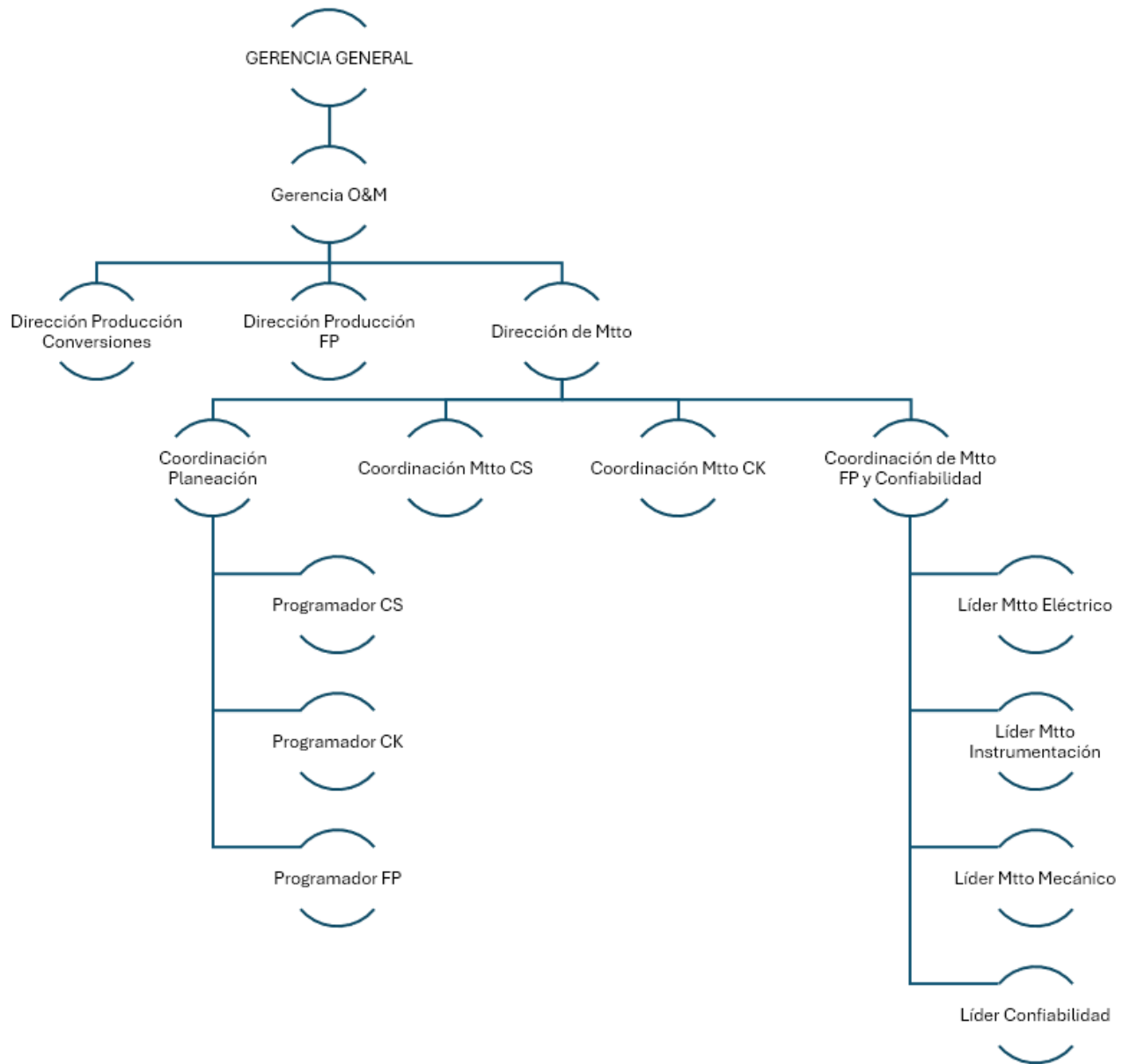
4.5. Estructura de Mantenimiento

La estructura de mantenimiento (**Figura 4**) se compone por un DIRECTOR MTTO el cuál es el encargado de las 3 áreas productivas (Fabricación de papel, Conversión Suave y Conversión Kraft) de la compañía, teniendo a su cargo las coordinaciones de mantenimiento y planeación.

Las coordinaciones de mantenimiento se dividen en las 3 áreas productivas mientras que la planeación es general y tiene 3 programadores de mantenimiento para cada área productiva. A continuación, se presenta el esquema organizacional.

Figura 4.

Estructura de Mtto.



4.6. Paradas Programadas de Mantenimiento

Dentro de la planificación operativa de UNIBOL S.A.S. se tienen proyectados intervenciones de mantenimiento durante los 12 meses del año, debido a ciertos cambios de componentes que se deben realizar periódicamente según recomendaciones de fabricante y/o condiciones del componente, como se mencionaba anteriormente la vida útil del fieltro es una condición que se convierte en una actividad mensual. En las **Figura 5.** y **Figura 6.** se pueden observar los equipos que tienen definidos los tiempos de intervención del año, siendo estos los únicos equipos con frecuencias establecidas.

Figura 5.

Planeación de actividades de mantenimiento del Molino 1.

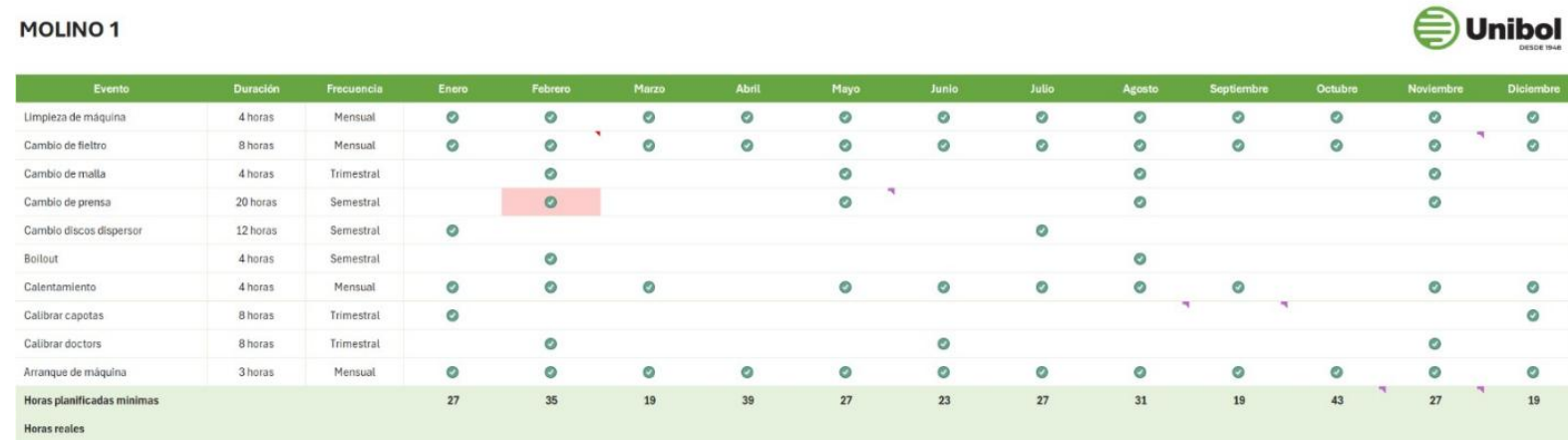
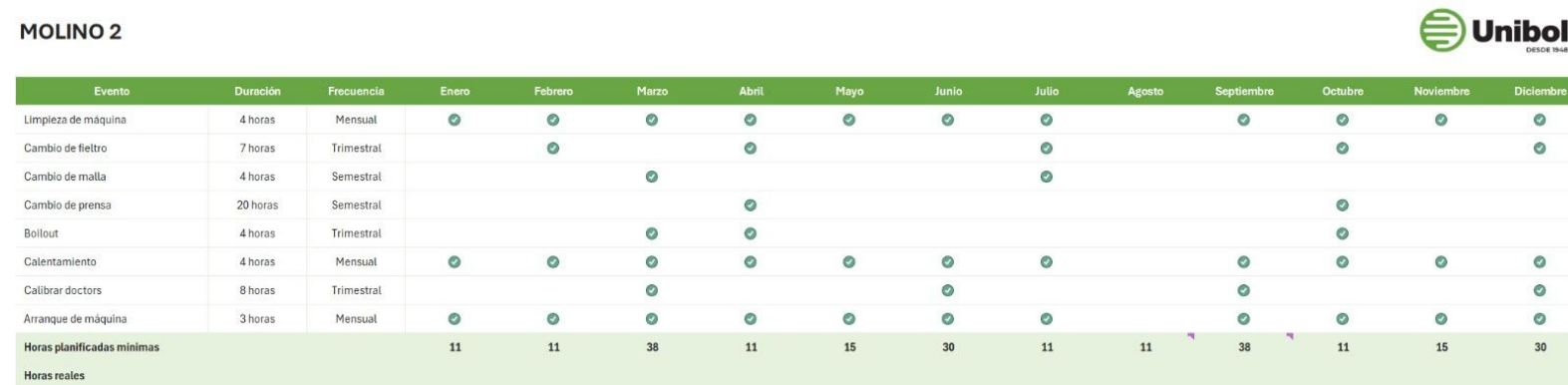


Figura 6.

Planeación de actividades de mantenimiento del Molino 2.



Como resultado de la problemática presentada en capítulos anteriores, se observa el resultado negativo relacionado con el incumplimiento de los tiempos de paradas programadas de mantenimiento mensuales; esta situación genera consecuencias directas sobre los niveles de producción y el cumplimiento de las metas comerciales de la organización, afectando la disponibilidad de los equipos y reduciendo el tiempo efectivo de operación de las líneas productivas, tal como se observa en la **Figura 7**.

En gran medida este incumplimiento esta originado por las actividades correctivas y trabajos no planificados incluidos durante la ejecución de las paradas programadas de mantenimiento. Estas actividades adicionales incrementan los tiempos de intervención inicialmente establecidos y dificultan el cumplimiento de los cronogramas previamente definidos por el departamento de planeación y programación.

Así mismo la designación de 1 pareja de mecánicos para actividades planeadas/preventivos (PM02) limita la capacidad de respuesta del equipo de mantenimiento frente a los diferentes requerimientos que puedan presentarse durante la intervención de los equipos.

Como consecuencia, el área de mantenimiento debe distribuir su tiempo entre tareas preventivas y actividades emergentes, provocando retrasos en la ejecución de actividades críticas y afectando el cumplimiento de la ruta crítica o cronograma de parada.

Figura 7.

Cumplimientos de paradas de mantenimiento.

MOI					
Mes	Tiempo disponible por PVO	Duración planificada	Duración real	Cumplimiento por PVO	Cumplimiento por planificación
Enero	20 horas	12,0 horas	16,4 horas	✓	✗
Febrero	29 horas	30,8 horas	30,8 horas	✗	✓
Marzo	14 horas	32,0 horas	31,7 horas	✗	✓
Abril	17 horas	17,0 horas	16,9 horas	✓	✓
Mayo	40 horas	40,0 horas	44,9 horas	✗	✗
Junio	15 horas	15,0 horas	34,5 horas	✗	✗
Julio	38 horas	38,0 horas	42,0 horas	✗	✗
Agosto	44 horas	44,0 horas	55,5 horas	✗	✗
Septiembre	17 horas	16,0 horas	32,0 horas	✗	✗
Octubre	27 horas	23,0 horas	20,0 horas	✓	✓
Noviembre	37 horas	129,0 horas	134,0 horas	✗	✗
Diciembre	14 horas	14,0 horas	18,4 horas	✗	✗
Total	312 horas	410,8 horas	477,1 horas	25%	33%

En la **Figura 8.** y **Figura 9.** se puede evidenciar la sobre carga de actividades y horas planeadas para la ejecución de actividades de cada mes, sin discriminar entre equipos. La concentración de múltiples actividades dentro de un mismo periodo de tiempo dificulta el oportuno cumplimiento de las intervenciones programadas y aumenta la probabilidad de retrasos durante las paradas programadas de mantenimiento. Así como también al no existir una priorización o clasificación detallada de equipos críticos, se incrementa la complejidad en la planificación y ejecución de las actividades, impactando la eficiencia del área de mantenimiento y la disponibilidad de los Molinos.

Por lo tanto, en las **Figura 8** y **Figura 9** se permite realizar un análisis preliminar sobre la necesidad de implementar estrategias de optimización en la priorización de las actividades dentro

de la programación de mantenimiento, mediante una mejor distribución de cargas de trabajo, priorización de equipos críticos y asignación adecuada de recursos.

Figura 8.

Cantidad de ordenes de trabajo y horas planeadas.

Revisión	TOTAL	HORAS PLANEADAS	Grupo planif.					
			PRE	ELE	INS	MEC	LOC	PRD
10112501	36	481	4	15	13	2	1	1
10112502	122	2531	5	51	13	50	1	2
10112503	44	557	5	20	10	7	1	1
10112504	87	1162	6	32	10	37	1	1
10112505	122	1685	7	50	10	52	1	2
10112506	62	925	4	35	1	20	1	1
10112507	73	670	7	32	11	23	0	0
10112508	86	973	3	64	12	5	1	1
10112509	29	548	4	13	7	2	1	2
10112510	124	1305	11	61	16	36	0	0
10112511	58	378	2	49	7	0	0	0
10112512	83	1256	4	18	1	60	0	0

Figura 9.

Porcentaje de cumplimientos de las ordenes planeadas.

Revisión	TOTAL	HORAS PLANEADAS	Status usuario							
			SEJE		NEJE		PROG		EJEC	
10112501	36	481	35	97%	1	3%	0	0%	0	0%
10112502	122	2531	90	74%	32	26%	0	0%	0	0%
10112503	44	557	35	80%	9	20%	0	0%	0	0%
10112504	87	1162	32	37%	55	63%	0	0%	0	0%
10112505	122	1685	53	43%	69	57%	0	0%	0	0%
10112506	62	925	17	27%	45	73%	0	0%	0	0%
10112507	73	670	44	60%	29	40%	0	0%	0	0%
10112508	86	973	86	100%	0	0%	0	0%	0	0%
10112509	29	548	29	100%	0	0%	0	0%	0	0%
10112510	124	1305	118	95%	0	0%	6	5%	0	0%
10112511	58	378	58	100%	0	0%	0	0%	0	0%
10112512	83	1256	78	94%	4	5%	0	0%	1	0%

5. Metodología para la construcción de la Matriz de Criticidad

El diseño de investigación es de tipo no experimental y de campo, ya que se basa en la observación directa de los procesos y equipos, así como en la recopilación y análisis de datos operativos y de mantenimiento disponibles en el sistema SAP PM y en los registros internos de la empresa.

El desarrollo metodológico se estructurará en las siguientes fases:

- 1. Recolección, clasificación y selección de datos, esta sección responde el objetivo 3.**
Revisión de la gestión actual de mantenimiento, inventario de activos y análisis de la información disponible en la herramienta SAP y flujogramas de proceso.
Identificación y clasificación de activos: Se realizó levantamiento de información técnica de los equipos del módulo piloto seleccionado el cuál es el más completo y fiable de información, y se hace categorización según su función en el proceso productivo.
- 2. Definición, construcción y estructuración de datos, esta sección responde el objetivo 1 y 2.**
Definición de criterios de criticidad: selección de variables e indicadores que mayor relevancia tienen dentro del proceso productivo de la empresa UNIBOL. (impacto en producción, seguridad, ambiente, costos y frecuencia de falla).
Diseño del modelo y matriz de criticidad: desarrollo de una herramienta que permita evaluar y priorizar los activos, estableciendo una escala de criticidad cuantitativa.
Construcción de la matriz de riesgos: integración de los resultados del análisis de criticidad con los factores de probabilidad y severidad de fallas, generando una matriz que respalde la toma de decisiones.
- 3. Validación del modelo, esta sección responde el objetivo 4.**
Validación del modelo: aplicación del modelo en el módulo piloto, comparación con los resultados actuales de mantenimiento y análisis de los beneficios potenciales (reducción de MTTR, aumento del MTBF y mejora en la disponibilidad).
Propuesta de implementación: elaboración de lineamientos para la aplicación gradual del modelo en el resto de la planta y su integración con el sistema SAP.

6. Etapa de recolección, clasificación y selección de datos

En esta etapa del proyecto se revisan los flujogramas del proceso para comprender el proceso productivo, apoyándonos con SAP PM se logra realizar la recolección total de todos los datos de los activos de la planta.

Teniendo ya la información compilada se procede a revisar cuál sería el módulo más propicio para iniciar. Como módulo piloto se selecciona el MÓDULO DE PREPARACIÓN DE PASTA, MOLINO 2, dentro de los cuáles se desglosan 4 módulos y posterior a estos sus equipos y sub equipos, el listado de estos equipos se muestra en las **Figura 10** a la **Figura 14** a título informativo.

La identificación de los activos se llevó a cabo mediante el análisis de la información suministrada por el software de mantenimiento usado SAP. Posteriormente cada equipo fue evaluado utilizando los criterios definidos capítulos anteriores teniendo como resultado final cada equipo clasificado y priorizado en la **Tabla 1**.

Figura 10.

Modulo Preparación Pasta Molino 2 - SAP

UNB-PR-FP-MOLIN2	MOLINO 2
20006798	MOLINO 2
UNB-PR-FP-MOLIN2-PREPAS	PREPARACION DE PASTA
UNB-PR-FP-MOLIN2-PREPAS-PULPER	MODULO PULPEO
UNB-PR-FP-MOLIN2-PREPAS-MODLIM	MODULO LIMPIEZA
UNB-PR-FP-MOLIN2-PREPAS-ESPESA	MODULO ESPESADOR
UNB-PR-FP-MOLIN2-PREPAS-REFINA	MODULO REFINADOR
UNB-PR-FP-MOLIN2-CAPROX	CIRCUITO DE APROXIMACION
UNB-PR-FP-MOLIN2-MAQUIN	MAQUINA
UNB-PR-FP-MOLIN2-CAPOTA	CAPOTAS
UNB-PR-FP-MOLIN2-CVACIO	CIRCUITO DE VACIO
UNB-PR-FP-MOLIN2-TERMIN	TERMINADO
UNB-PR-FP-MAQU02-YANKEE	YANKEE M2
UNB-PR-FP-MAQU02-CAPOTA-EXTVHO	EXTRACTOR LADO HUMEDO CAPOTA M2
UNB-PR-FP-MAQU02-CAPOTA-INYECT	INYECTOR LADO HUMEDO CAPOTA M2

Figura 11.

Equipos del módulo pulpeo.

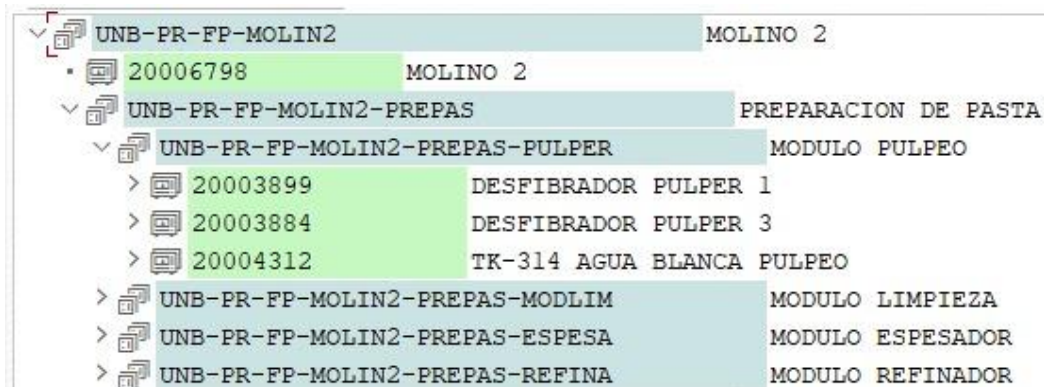


Figura 12.

Equipos módulo de limpieza

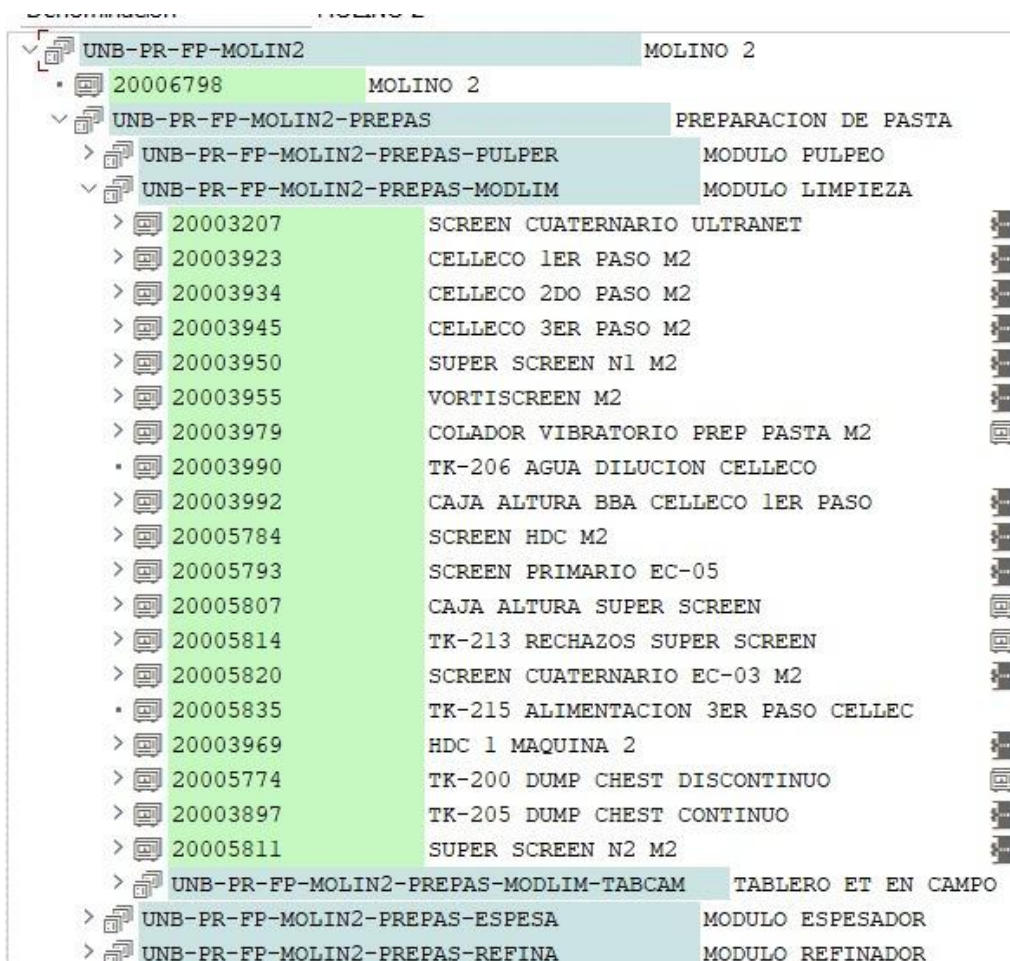


Figura 13.

Equipos módulo espesador.

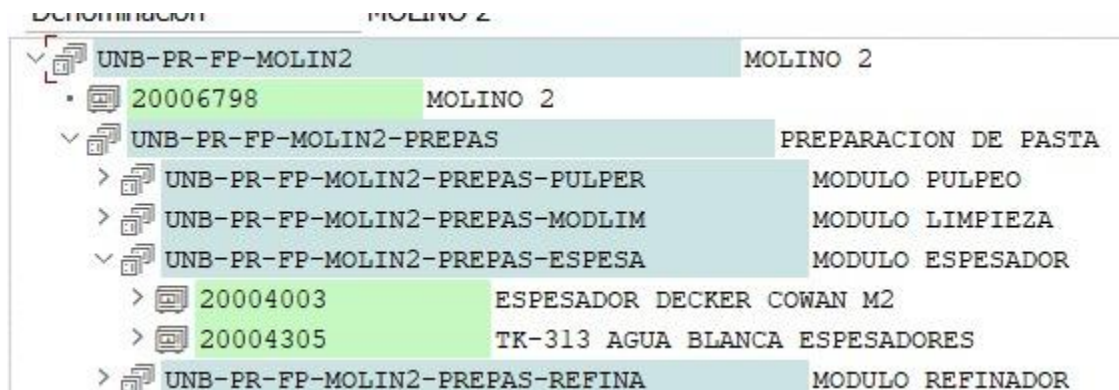
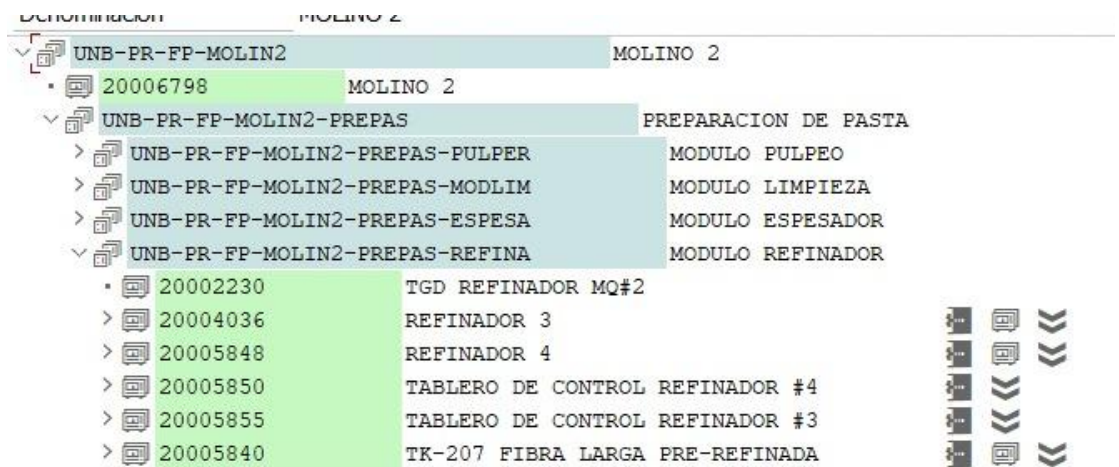


Figura 14.

Equipos módulo refinador.



7. Fase de Definición, construcción y estructuración de datos.

Con el propósito de poder identificar los activos más críticos de la planta y establecer prioridades en la gestión del mantenimiento, se vuelve indispensable una matriz de criticidad, ya que permite evaluar el impacto que tiene cada activo en el proceso operativo. Se definen los criterios y variables basados en las condiciones operativas de la planta, teniendo en cuenta la

experiencia del personal de mantenimiento, el histórico de fallas de los activos y la afectación al proceso que generaría en caso de fallas.

Entre los principales criterios considerados para la evaluación de criticidad se definieron los siguientes (**Figura 15**):

- Ocurrencia de falla
- Costos operativos (Costos de Mtto y producción estimados)
- Impacto a la producción
- Merma (Pérdida de materia prima en líneas de recuperación)
- Impacto ambiental

Figura 15.

Cuadro de la matriz de riesgo.

Ocurrencia de falla	Costos operativos	Impacto a la producción	Merma	Impacto ambiental
>9	>90 M	100%	-	Internacional
7 - 9	61 - 90 M	-	-	Nacional
4 - 6	31 - 60 M	50%	Si	Regional
2 - 3	11 - 30 M	-	-	Local
0 - 1	0 - 10 M	0%	No	Ninguno

7.1. Diseño y modelamiento de los datos.

Se diseña una matriz (**Tabla 1**) en la cual se busca establecer prioridades para ayudar a la gestión de mantenimiento en la toma de decisiones y asignación de recursos, permitiendo identificar los activos con mayor impacto sobre el proceso productivo. Usando una metodología

basada en la evaluación de criterios previamente definidos, para obtener una clasificación y una ponderación.

Se inicia el diseño de la matriz de criticidad (**Figura 16**) en Excel dónde se desglosó cada ubicación técnica y se fue ubicando según su nivel jerárquico en la taxonomía establecida por la compañía, adicionalmente también se ubican las diferentes consecuencias de la matriz de riesgo (**Figura 17**) y se plasmaron los resultados de la evaluación de riesgos.

Figura 16.

Diseño de la matriz de criticidad.

ÁREA	MODULO	EQUIPO/COMPONENTE	Nivel del riesgo / Criticidad	Ocurrencia de Falla	Costo de mantenimiento	Impacto a la producción	Merma	Impacto ambiental	PROBABILIDAD
UNB-PR-FP-MOLIN2-PREPAS PREPARACION DE PASTA									
	UNB-PR-FP-MOLIN2-PREPAS-PULPER MODULO PULPEO								
		20003899 DESFIBRADOR PULPER 1	66	24	12	18	6	6	FRECUENTE
		20003902 MOTOR DESFIBRADOR PULPER 1	60	15	20	15	5	5	MODERADO
		20003908 BANDA TRANSPORTADORA PULPER 1	24	9	6	3	3	3	REMOTO

Figura 17.

Diseño de la matriz de riesgo.

CONSECUENCIAS					SEVERIDAD	PROBABILIDAD					
Ocurrencia de falla	Costos operativos	Impacto a la producción	Merma	Impacto ambiental		IMPOSIBLE	IMPROBABLE	REMOTO	OCASIONAL	MODERADO	FRECUENTE
>9	>90 M	100%	-	Internacional	Catastrofico	5	5	10	15	20	30
7 - 9	61 - 90 M	-	-	Nacional	Critico	4	4	8	12	16	24
4 - 6	31 - 60 M	50%	Si	Regional	Marginal	3	3	6	9	12	18
2 - 3	11 - 30 M	-	-	Local	Insignificante	2	2	4	6	8	12
0 - 1	0 - 10 M	0%	No	Ninguno	Ninguno	1	1	2	3	4	6
						< 3 Años	< 1 Año	< 6 Meses	< 4 Meses	< 2 Meses	± 1 Mes
						1	2	3	4	5	6

Tabla 1.

Matriz de criticidad evaluada en función del riesgo.

ÁREA	MODULO	EQUIPO/COMPONENTE	Nivel del riesgo / Criticidad	Ocurrencia de Falla	Costo de mantenimiento	Impacto a la producción	Merma	Impacto ambiental	PROBABILIDAD
UNB-PR-FP-MOLIN2-PREPAS PREPARACION DE PASTA	UNB-PR-FP-MOLIN2-PREPAS-PULPER MODULO PULPEO	20003899 DESFIBRADOR PULPER 1	66	24	12	18	6	6	FRECUENTE
		20003902 MOTOR DESFIBRADOR PULPER 1	60	15	20	15	5	5	MODERADO
		20003908 BANDA TRANSPORTADORA PULPER 1	24	9	6	3	3	3	REMOTO
		20005769 MOTORED BANDA TRANSPORTADORA PULPER 1	16	6	4	2	2	2	IMPROBABLE
		20002284 TABLERO DE CONTROL BANDA PULPER 1	7	1	2	2	1	1	IMPOSIBLE
		20003905 RODILLO N1 BANDA TRANSPORTADORA PULPER 1	6	1	2	1	1	1	IMPOSIBLE
		20003906 RODILLO N2 BANDA TRANSPORTADORA PULPER 1	6	1	2	1	1	1	IMPOSIBLE
		20003907 RODILLO N3 BANDA TRANSPORTADORA PULPER 1	6	1	2	1	1	1	IMPOSIBLE
		20003916 PERA PULPER 1	32	8	4	12	4	4	OCASIONAL
		AGREGAR MOTOR PERA PULPER 1	16	4	2	6	2	2	IMPROBABLE

	20003915 BBA PERA PULPER 1	60	15	20	15	5	5	MODERADO
	20003920 MOTOR BBA PERA PULPER 1	18	4	4	6	2	2	IMPROBABLE
	20003912 POLIPASTO NITCHI 2 TON M2	9	1	3	3	1	1	IMPOSIBLE
20003884 DESFIBRADOR R PULPER 3		48	20	16	4	4	4	OCASIONAL
	20003883 MOTOR DESFIBRADOR PULPER 3	8	2	3	1	1	1	IMPOSIBLE
	20003887 POLIPASTO LOADSTAR 2 TON M2	6	1	2	1	1	1	IMPOSIBLE
	20003888 VORTI SCREEN PULPER 3	12	4	2	2	2	2	IMPROBABLE
	20003892 MOTOR VORTI SCREEN PULPER 3	5	1	1	1	1	1	IMPOSIBLE
	20003882 MOTOR BBA DESFIBRADOR PULPER 3	6	1	2	1	1	1	IMPOSIBLE
	20003878 BBA DESFIBRADOR PULPER 3	7	1	3	1	1	1	IMPOSIBLE
20004312 TK-314 AGUA BLANCA PULPEO		5	1	1	1	1	1	IMPOSIBLE
	20004309 BBA TK-314 M2	5	1	1	1	1	1	IMPOSIBLE
	20004311 MOTOR BBA TK-314 M2	5	1	1	1	1	1	IMPOSIBLE
UNB-PR- FP- MOLIN2- PREPAS- MODLIM MODULO LIMPIEZA								
	20003207 SCREEN CUATERNARIO ULTRANET	10	2	2	2	2	2	IMPROBABLE
	20003211 MOTOR SCREEN CUATERNARIO ULTRANET	10	2	2	2	2	2	IMPROBABLE
	20003923 CELLECO 1ER PASO M2	9	1	1	5	1	1	IMPOSIBLE

	20003934 CELLECO 2DO PASO M2	7	1	1	1	3	1	IMPOSIBLE
	20003933 BBA CELLECO 2DO PASO M2	18	4	4	2	6	2	IMPROBABLE
	20003936 MOTOR BBA CELLECO 2DO PASO M2	18	4	4	2	6	2	IMPROBABLE
	20003945 CELLECO 3ER PASO M2	7	1	1	1	3	1	IMPOSIBLE
	20003943 BBA CELLECO 3ER PASO M2	30	9	6	3	9	3	REMOTO
	20003944 MOTOR BBA CELLECO 3ER PASO M2	30	9	6	3	9	3	REMOTO
	20003950 SUPER SCREEN N1 M2	60	20	15	15	5	5	MODERADO
	20003951 MOTOR SUPER SCREEN N1 M2	60	20	15	15	5	5	MODERADO
	20003955 VORTISCREE N M2	60	20	15	15	5	5	MODERADO
	20003960 MOTOR VORTISCREEN M2	60	20	15	15	5	5	MODERADO
	20003979 COLADOR VIBRATORIO PREP PASTA M2	8	1	2	1	3	1	IMPOSIBLE
	20003980 MOTOR N1 COLADOR PREP PASTA M2	8	1	2	1	3	1	IMPOSIBLE
	20003981 MOTOR N2 COLADOR PREP PASTA M2	8	1	2	1	3	1	IMPOSIBLE
	20003990 TK-206 AGUA DILUCION CELLECO	13	1	3	5	3	1	IMPOSIBLE
AGREGAR	MOTOR BB ALIM ULTRANET	39	9	9	15	3	3	REMOTO
AGREGAR	BB ALIM ULTRANET	33	3	9	15	3	3	REMOTO
	20003992 CAJA ALTURA BBA CELLECO 1ER PASO	10	1	2	5	1	1	IMPOSIBLE
	20003985 BBA CELLECO 1ER PASO M2	52	12	12	20	4	4	OCASIONAL

MODELADO DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE ACTIVOS DE LA PLANTA UNIBOL S.A.S. - 40

	20003989 MOTOR BBA CELLECO 1ER PASO M2	52	12	12	20	4	4	OCASIONAL
	20005784 SCREEN HDC M2	65	20	10	25	5	5	MODERADO
	20005793 SCREEN PRIMARIO EC-05	65	20	10	25	5	5	MODERADO
	20005794 MOTOR SCREEN PRIMARIO EC- 05	65	20	10	25	5	5	MODERADO
	20005807 CAJA ALTURA SUPER SCREEN	10	1	2	5	1	1	IMPOSIBLE
	20005808 BBA SUPER SCREEN M2	10	1	2	5	1	1	IMPOSIBLE
	20005809 MOTOR BBA SUPER SCREEN M2	10	1	2	5	1	1	IMPOSIBLE
	20005814 TK-213 RECHAZOS SUPER SCREEN	10	1	2	5	1	1	IMPOSIBLE
	20005817 BBA TK-213 M2	52	12	12	20	4	4	OCASIONAL
	20005818 MOTOR BBA TK-213 M2	52	12	12	20	4	4	OCASIONAL
AGREGAR	BBA TK-213 M2	52	12	12	20	4	4	OCASIONAL
AGREGAR	MOTOR BBA TK-213 M2	52	12	12	20	4	4	OCASIONAL
	20005820 SCREEN CUATERNAR IO EC-03 M2	24	3	6	3	9	3	REMOTO
	20005821 MOTOR SCREEN CUATERNARIO EC-03 M2	24	3	6	3	9	3	REMOTO
	20005822 VVA 2" DE ESFERA SEGMENTADA (FCV-41126)	8	1	2	1	3	1	IMPOSIBLE
	20005823 VVA 4" DE ESFERA SEGMENTADA (FCV-41121)	8	1	2	1	3	1	IMPOSIBLE
	20005824 VVA 3" DE ESFERA SEGMENTADA (FCV-41122)	8	1	2	1	3	1	IMPOSIBLE
	20005825 VVA GUILLOTINA 4" ACT NEUM (ES- 41123A)	8	1	2	1	3	1	IMPOSIBLE

	20005826 VVA GUILLOTINA 4" ACT NEUM (ES- 41123B)	8	1	2	1	3	1	IMPOSIBLE
	20005827 VVA 1"1/2 BOLA ROSCA (ES- 41120-7)	8	1	2	1	3	1	IMPOSIBLE
	20005828 VVA 1" BOLA ROSCA (ES-41120H)	8	1	2	1	3	1	IMPOSIBLE
	20005829 VVA 2" BOLA (ES- 41120A)	8	1	2	1	3	1	IMPOSIBLE
	20005830 TRANSMISOR DE PRESION N1 EC-03 M2	8	1	2	1	3	1	IMPOSIBLE
	20005831 TRANSMISOR DE PRESION N2 EC-03 M2	8	1	2	1	3	1	IMPOSIBLE
	20005832 TRANSMISOR DE FLUJO 2" N1 EC-03 M2	8	1	2	1	3	1	IMPOSIBLE
	20005833 TRANSMISOR DE FLUJO 3" N2 EC-03 M2	8	1	2	1	3	1	IMPOSIBLE
	20005834 TRANSMISOR DE FLUJO 4" N3 EC-03 M2	8	1	2	1	3	1	IMPOSIBLE
	20005835 TK-215 ALIMENTACI ON 3ER PASO CELLEC	10	1	2	5	1	1	IMPOSIBLE
	20003969 HDC 1 MAQUINA 2	44	8	8	20	4	4	OCASIONAL
	20003973 MOTOBBA HDC M2	10	1	2	5	1	1	IMPOSIBLE
	20005774 TK-200 DUMP CHEST DISCONTINU O	10	1	2	5	1	1	IMPOSIBLE
	20005775 TRANSMISOR DE PRESION TK- 200	10	1	2	5	1	1	IMPOSIBLE
	20005776 SWITCH DE NIVEL TK-200	10	1	2	5	1	1	IMPOSIBLE
	20005777 AGITADOR TK- 200	48	8	12	20	4	4	OCASIONAL
	20005778 MOTOR AGITADOR TK- 200	44	8	8	20	4	4	OCASIONAL

MODELADO DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE ACTIVOS DE LA PLANTA UNIBOL S.A.S. - 42

	20005779 BBA TK-200	48	8	12	20	4	4	OCASIONAL
	20005780 MOTOR BBA TK-200	44	8	8	20	4	4	OCASIONAL
	20003897 TK-205 DUMP CHEST CONTINUO	10	1	2	5	1	1	IMPOSIBLE
	20003893 AGITADOR TK- 205	48	8	12	20	4	4	OCASIONAL
	20003895 MOTOR AGITADOR TK- 205	44	8	8	20	4	4	OCASIONAL
	20003894 BBA TK-205	48	8	12	20	4	4	OCASIONAL
	20003896 MOTOR BBA TK-205	44	8	8	20	4	4	OCASIONAL
	20005811 SUPER SCREEN N2 M2	60	20	15	15	5	5	MODERADO
	20005812 MOTOR SUPERSCREEN N2 M2	60	20	15	15	5	5	MODERADO
	UNB-PR-FP- MOLIN2- PREPAS- MODLIM- TABCAM TABLERO ET EN CAMPO	10	1	2	5	1	1	IMPOSIBLE
	20005838 6ES7322- 1BL00-0AA0 SM 322 DO 32	10	1	2	5	1	1	IMPOSIBLE
	20005839 6ES7332- 5HF00-0AB0 SM 332AO8 AO x 12 BIT	10	1	2	5	1	1	IMPOSIBLE
UNB-PR- FP- MOLIN2- PREPAS- ESPESA MODULO ESPESAD OR								
	20004003 ESPESADOR DECKER COWAN M2	10	1	2	5	1	1	IMPOSIBLE
	20004002 DUCHA TAMBOR PASTA DECKER PRINCIPAL M2	10	1	2	5	1	1	IMPOSIBLE
	20004004 MOTOR DECKER COWAN M2	52	12	12	20	4	4	OCASIONAL

	20004005 RED MOTOR DECKER COWAN M2	52	12	12	20	4	4	OCASIONAL
	20004008 ROD DE GOMA DECKER COWAN M2	22	2	6	10	2	2	IMPROBABLE
	20004009 ROD TAMBOR DECKER COWAN M2	52	12	12	20	4	4	OCASIONAL
	20004305 TK-313 AGUA BLANCA ESPESADOR ES	11	1	3	5	1	1	IMPOSIBLE
	20004299 BBA 1 TK-313 M2	30	6	9	9	3	3	REMOTO
	20004303 MOTOR BBA 1 TK-313 M2	30	6	9	9	3	3	REMOTO
	20004300 BBA 2 TK-313 M2	30	6	9	9	3	3	REMOTO
	20004304 MOTOR BBA 2 TK-313 M2	30	6	9	9	3	3	REMOTO
UNB-PR- FP- MOLIN2- PREPAS- REFINA MODULO REFINADOR								
	20002230 TGD REFINADOR MQ#2	10	1	2	5	1	1	IMPOSIBLE
	20004036 REFINADOR 3	44	8	16	12	4	4	OCASIONAL
	20004034 MOTORED REFINADOR 3 M2	10	1	2	5	1	1	IMPOSIBLE
	20005854 MOTOR REFINADOR 3 M2	10	1	2	5	1	1	IMPOSIBLE
	20005848 REFINADOR 4	44	8	16	12	4	4	OCASIONAL
	20005849 MOTOR REFINADOR 4 M2	10	1	2	5	1	1	IMPOSIBLE
	20005853 MOTORED REFINADOR 4 M2	10	1	2	5	1	1	IMPOSIBLE
	20005850 TABLERO DE CONTROL REFINADOR #4	10	1	2	5	1	1	IMPOSIBLE

20005855 TABLERO DE CONTROL REFINADOR #3	10	1	2	5	1	1	IMPOSIBLE
20005840 TK-207 FIBRA LARGA PRE- REFINADA	11	1	3	5	1	1	IMPOSIBLE
20004047 AGITADOR TK- 207 M2	18	2	6	6	2	2	IMPROBABLE
20005846 MOTOR AGITADOR TK- 207 M2	18	2	6	6	2	2	IMPROBABLE
20004049 BBA TK-207 M2	26	4	8	10	2	2	IMPROBABLE
20005847 MOTOR BBA TK-207 M2	22	4	4	10	2	2	IMPROBABLE
20005842 TRANSMISOR DE CONSISTENCIA KPM KC3	30	6	9	9	3	3	REMOTO

8. Fase de Validación del modelo.

Después de un exhaustivo proceso de selección, clasificación y evaluación en conjunto con las áreas de producción y mantenimiento, en las que pudimos evaluar los más real y a detalle posible las variables definidas en nuestra matriz, teniendo en cuenta el conocimiento del proceso por parte de producción y planteándoles situaciones para así lograr este resultado final.

De un total de 117 equipos, 38 serían de valor CRÍTICO como se detalla en la **Figura.18**, ante esto se propone que las frecuencias de mantenimiento no sean en paradas, si no, preventivos rutinarios.

Figura 18.**Cantidad de equipos según su criticidad.**

BAJO	13	11%
MEDIO	66	56%
ALTO	38	32%
TOTAL	117	

Durante el análisis de criticidad desarrollado en planta, se identificó que un grupo importante de activos clasificados con criticidad media y alta corresponden a equipos de almacenamiento y sistemas electromecánicos. Estos activos presentan una incidencia directa sobre la continuidad operacional, la confiabilidad de los procesos y el cumplimiento de los indicadores estratégicos de mantenimiento, razón por la cual fueron objeto de una revisión detallada.

En el caso de los tanques de almacenamiento, se evidencio que no tenían planes de mantenimiento vigentes dentro del sistema SAP. Históricamente se pudo encontrar ejercicios de levantamiento de información, mapeo de tanques y ejecución de servicios de integridad mecánica; sin embargo, dichas actividades no fueron consolidadas como planes de mantenimiento en una estrategia dentro el programa para garantizar la gestión del ciclo de vida de estos equipos. A raíz de esto, se han venido generando intervenciones correctivas, en gran medida, por eventos de carácter fortuito o inesperados, incrementando el riesgo operaciones y afectando la disponibilidad de los equipos.

Se realizó una revisión exhaustiva de la información disponible en SAP y servidores internos, respecto a las hojas de vida de estos activos. Este ejercicio permitió identificar falencias en la gestión documental, trazabilidad histórica y planificación de actividades, generando una oportunidad de mejora con el diseño e implementación de una rutina y un plan de mantenimiento basado en condición hacia los tanque de almacenamiento, como se observa en las **Figura 19** y **Figura 20**, las cuales muestran las actividades establecidas en los equipos disponibles **Figura 21** y **Figura 22**. A raíz de esto se propuso los siguientes planes de mantenimientos:

Línea Rodando (Rutinarios) son las actividades de color verde que se realizan sin necesidad de paradas de mantenimiento.

Inspección Anual se establecieron actividades de mayor alcance y que requieren una inspección en parada de mantenimiento, se comparten hojas de ruta.

Por otra parte, los equipos electro-mecánicos se identificó que el personal operativo de turnos rotativos realiza inspecciones diarias de variables (temperaturas y nivel aceite), no obstante, la información recolectada es consignada en formatos físicos o archivos estáticos que carecen de una supervisión activa, limitando la capacidad de generar tendencias y análisis mejorado de estos datos. Partiendo de esta práctica se generó una propuesta orientada a la transformación digital de gestión de datos, migrando de datos físicos hacia plataformas digitales que permitan la consolidación, visualización y análisis de la información en tiempo real, facilitando la generación de alertas tempranas, tableros de control e indicadores, promoviendo la supervisión activa y continua del estado de los activos.

La digitalización de los datos podrá permitir el desarrollo de los análisis de tendencias, modelos predictivos y estudios de comportamiento operacional, fortaleciendo los KPI como la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los equipos.

Todo lo anterior corresponde al objetivo inicial de la presente monografía, contribuir a la optimización de la gestión de mantenimiento mediante la mitigación de actividades correctivas en paradas de mantenimiento que no tengan un impacto significativo en los KPI de la organización, tales actividades se pueden migrar de un enfoque correctivas a preventivas/predictivas, permitiendo realizar un análisis previo de datos, seguimiento de variables e identificación temprana de condiciones,

De este modo durante los paros del proceso, se concentren los recursos y materiales actividades que si requieran la intervención con equipo detenido, incrementando la eficiencia de la planeación & programación de trabajos.

Al realizar un análisis financiero se identifica que el costo de producción es de \$2766 COP/Kg y se producen en el MOLINO 1 50000 Kg/día, esto equivale a un costo de máquina detenida por hora de \$5'762,500 COP/hora, al evaluar el año 2025 se obtiene que hubo 66,3 horas (MTTR) detenida la producción por temas de mantenimiento adicionales a las proyecciones planeadas y esto le estaría costando o dejando de producir a la compañía un valor de \$382'053,750 COP por el incumplimiento en la planificación del mantenimiento en el año 2025.

Se espera que al identificar los activos más críticos de toda la planta se pueda optimizar los recurso y poder darles cumplimiento a las planificaciones propuestas, mejorando/disminuyendo el tiempo de reparación (MTTR) y aumentando la disponibilidad de los equipos, en el año 2025 tuvo un cumplimiento del 33% (**Figura 7**) y al hacer e implementar esta herramienta se espera tener resultados entre 80-90% de cumplimiento que esto se traduce en mayores tiempos de disponibilidad de equipos.

Finalmente, es importante destacar que el cumplimiento efectivo de los planes de mantenimiento impacta directamente los KPI asociados a la confiabilidad y disponibilidad de los activos. En una industria altamente competitiva, cada desviación en la ejecución de las actividades programadas puede traducirse en pérdidas de producción, afectación de compromisos comerciales y disminución de la rentabilidad.

Figura 19.

Hoja de ruta de inspecciones de tanques.

Descripción operación	SEPARAR LAS VISUAL EXTE INTERNA Y D MISMO TIEM
[A] MANTENIMIENTO PREDICTIVO TANQUES	
> ALISTAMIENTO: OM, AVISOS, HDR	
> SEGURIDAD: BLOQUEO ENERGÍAS PELIGROSAS	
> INSPECCIÓN VISUAL EXT E INT (VT) 100%	
> MEDICIÓN ESPESOR POR ULTRASONIDO (UT)	
> EVALUACIÓN ASENTAMIENTO Y VERTICALIDAD	
> PRUEBA DE REDONDEZ	
TECHO	
> INSP VISUAL INTERNA Y EXTERNA (VT)	
> MEDICIÓN DE ESPESOR	
> VERIFICACIÓN DE VENTILACIÓN Y DRENAJE	
BASE	
> INSPECCIÓN VISUAL INTERNA (VT)	
> MEDICIÓN ESPESOR (UT) ANILLO FONDO	
CLANDING(CHAQUETA)	
> INSPECCIÓN VISUAL INTERNA (VT).	
> ENSAYO POR LÍQUIDOS PENETRANTES (PT)	
> ULTRASONIDO (UT) PARA ESPESOR.	
EJE DEL AGITADOR	
> ENSAYO POR LÍQUIDOS PENETRANTES (PT)	
> ULTRASONIDO (UT) DETECCIÓN DEFECTOS	
> VERIFICACION DE ALINEACIÓN Y DESGASTE.	
MOTOR Y SISTEMA DE TRANSMISIÓN	
> INSP VISUAL (VT) POLEA ACOPLES CORREAS	
> EVALUACIÓN MECÁNICA	
> TERMOGRAFÍA A MOTOR.	
> PRUEBAS FUNCIONALES	
> PROBAR Y ENTREGAR EQUIPO	
> ASEGURAR MONTAJE GUARDAS DE SEGURIDAD	
> REALIZAR ORDEN Y ASEO	
> TRATAR Y DISPONER RESIDUOS	

Figura 20.

Plan de mantenimiento inspección tanques - SAP

Op.	SOp	PstoTbjo	Ce.	Ctrl	Descripción operación	T.. Trabajo	Un.	Nº	Dur.	Un.
0010		ANACONF	2000	PM01	[S] INSPECCIÓN TANQUE	☐ 1,0	HRA	1	1,0	HRA
0010	0010	ANACONF	2000	PM01	> ALISTAMIENTO: OM, AVISOS,HDR	☐ 0,1	HRA	1	0,1	HRA
0010	0020	ANACONF	2000	PM01	> SEGURIDAD: BLOQUEO ENERGÍAS PELIGROS...	☐ 0,1	HRA	1	0,1	HRA
0010	0030	ANACONF	2000	PM01	> INSPECCIÓN VISUAL EXTERNA (VT) 100%	☐ 0,1	HRA	1	0,1	HRA
0010	0040	ANACONF	2000	PM01	> MEDICIÓN ESPESOR POR ULTRASONIDO (UT)	☐ 0,1	HRA	1	0,1	HRA
0010	0050	ANACONF	2000	PM01	> EVALUACIÓN ASENTAMIENTO Y VERTICALID..	☐ 0,1	HRA	1	0,1	HRA
0010	0060	ANACONF	2000	PM01	> PRUEBA DE REDONDEZ	☐ 0,1	HRA	1	0,1	HRA
0010	0070	ANACONF	2000	PM01	> VERIFICACIÓN DE VENTILACIÓN Y DRENAJE	☐ 0,1	HRA	1	0,1	HRA
0010	0080	ANACONF	2000	PM01	> TERMOGRAFÍA A MOTOR.	☐ 0,1	HRA	1	0,1	HRA
0010	0090	ANACONF	2000	PM01	> REALIZAR ORDEN Y ASEO	☐ 5	MIN	1	5	MIN
0010	0100	ANACONF	2000	PM01	> TRATAR Y DISPONER RESIDUOS	☐ 5	MIN	1	5	MIN

Figura 21.

Listado de tanques a los cuales se les aplico el nuevo plan de mantenimiento.

S...	Posición mantenim.	Pl.MantPrv	Estr.	Descripción posición de mantenimiento	NºOrdEntre	Fe.inic.progr.	Orden
	4869	900000004485	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE 1202 CONDENS CALDERIN	1	13.08.2026	140092750
	4870	900000004486	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE 1312 SEPA 1 ALTO VAC	1	13.08.2026	140092751
	4871	900000004487	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE 1313 SEPA 2 ALTO VAC	1	13.08.2026	140092752
	4872	900000004488	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE 800 AIRE COMP PPAL	1	12.09.2026	140092753
	4873	900000004489	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE 806 AIRE COMPR X8 N1	1	12.09.2026	140092754
	4874	900000004490	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE 807 AIRE COMPR X8 N2	1	12.09.2026	140092755
	4875	900000004491	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE 804 AIRE COMPR M+	1	12.09.2026	140092756
	4876	900000004492	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE 802 AIRE COMPR MESANI	1	12.09.2026	140092757
	4877	900000004493	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE 803 AIR COMPR PPAL CK	1	12.09.2026	140092758
	4878	900000004494	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE 801 AIRE COMPR M1	1	12.09.2026	140092759
	4879	900000004495	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE 805 AIRE COMPR PULP4	1	12.09.2026	140092760
	4880	900000004496	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE PULPER 3 AIRE COMPRIM	1	13.10.2026	140092761
	4881	900000004497	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE 403 SEDIMENTADOR	1	13.10.2026	140092762
	4882	900000004498	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE LIMPIEZA OSMOSIS	1	13.10.2026	140092763
	4883	900000004499	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE 808 PRES AGUA FRESCA	1	13.11.2026	140092768
	4884	900000004500	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE 910 SALMUERA	1	13.11.2026	140092769
	4885	900000004501	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE 103 FILTRO MULTIMEDIA	1	13.11.2026	140092770
	4886	900000004502	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE 406 MBR	1	12.12.2026	140092771

Figura 22.

Listado de tanques a los cuales se les aplico el nuevo plan de mantenimiento.

S...	Posición mantenim.	Plan mant.prev.	Estr.	Descripción posición de mantenimiento	NºOrdEntre	Fe.inic.progr.	Orden
	4841	900000004...	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE 313	1	04.02.2026	140092719
	4842	900000004458	CONFBL	CONFBL_INSPECCION TANQUE 218 LIKAR	1	04.02.2026	140092720
	4843	900000004459	CONFBL	CONFBL_INSPECCION TANQUE 208 MEZCLA	1	04.02.2026	140092721
	4844	900000004460	CONFBL	CONFBL_INSPECCION TANQUE 212 CAB MAQ	1	04.02.2026	140092722
	4845	900000004461	CONFBL	CONFBL_INSPECCION TANQUE 211 BROKE	1	27.02.2026	140092723
	4846	900000004462	CONFBL	CONFBL_INSPECCION TANQUE 314 AGUA BLANCA	1	27.02.2026	140092724
	4847	900000004463	CONFBL	CONFBL_INSPECCION TANQUE 307 AGUA BLANCA	1	27.02.2026	140092725
	4848	900000004464	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE 202 AGUA DIL CELLECO	1	27.02.2026	140092726
	4849	900000004465	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE 201 DUMP CHEST CONT	1	13.03.2026	140092728
	4850	900000004466	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE 210 DUMP CHEST DISCON	1	13.03.2026	140092729
	4851	900000004467	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE 209 PASTA PRE-DISPERS	1	13.03.2026	140092730
	4852	900000004468	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE 306 AGUA BLANCA ESPES	1	13.03.2026	140092731
	4853	900000004469	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE 203 PRE-REFINAMIENTO	1	13.04.2026	140092732
	4854	900000004470	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE 502 LODOS BELT PRESS	1	13.04.2026	140092734
	4855	900000004471	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE 204 (CUBA 3)	1	13.04.2026	140092735
	4856	900000004472	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE 220 TORRE DE BLANQUEO	1	13.04.2026	140092736
	4857	900000004473	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE 1302 SEPARADOR	1	13.05.2026	140092737
	4858	900000004474	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE 1301 RECUP CAJA TRILL	1	13.05.2026	140092738
	4859	900000004475	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE 1303 RECUP CAJA INVER	1	13.05.2026	140092740
	4860	900000004476	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE 1304 EXTRACTOR POLVIL	1	13.05.2026	140092741
	4861	900000004477	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE 200 DUMP CHEST DISCON	1	13.06.2026	140092742
	4862	900000004478	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE 205 DUMP CHEST CONT	1	13.06.2026	140092743
	4863	900000004479	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE 213 RECHAZ SUP SCREEN	1	13.06.2026	140092744
	4864	900000004480	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE 503 LODOS SEDIMENTADO	1	13.07.2026	140092745
	4865	900000004481	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE 206 AGUA DILUCION CEL	1	13.07.2026	140092746
	4866	900000004482	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE 207 FIBR LARG PRE-REF	1	13.07.2026	140092747
	4867	900000004483	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE 310 AGUA BLANCA ALMAC	1	13.07.2026	140092748
	4868	900000004484	CONFBL	CONFBL_INSP TANQUE 602 AGUA CLARIFICADA	1	13.08.2026	140092749

9. Continuación de la implementación del modelo.

Se propone continuar con el modelamiento de los activos de la planta UNIBOL S.A.S. expandiendo esto a los demás módulos tanto para culminar el MOLINO 2 y así como iniciar su en el MOLINO 1, esto con el fin de identificar el total de activos CRITICOS y enfocar mayormente el tiempo/recurso en estos.

Entre los principales lineamientos que se proponen para la implementación completa del modelo se tienen los siguiente:

- Realizar identificación y clasificación de los activos restantes de cada línea de producción.

- Realizar una evaluación periódica definida por la organización o cada vez que se realice una modificación/mejora de algún proceso.
- Actualizar permanentemente los historiales de fallas de los equipos.
- Capacitar al personal ingeniería/técnico en la metodología de análisis de criticidad.
- Implementar KPI's que permitan evaluar la ejecución del modelo en toda la totalidad del proceso.

10. Conclusiones

Se puede concluir que el análisis de criticidad y matriz de riesgo son herramientas que permiten tener una visión más práctica y sencilla de los activos críticos que impactan en el proceso productivo. Teniendo esto claro, el departamento de mantenimiento podrá enfocar sus recursos en la optimización de planes de mantenimiento de los activos más críticos y mejorar la asignación de recursos de una manera más eficiente.

Como resultado se pudo obtener una priorización de 38 (32%) activos CRÍTICOS para el proceso productivo de un total de 117 equipos en un módulo piloto, que abarca en gran medida del proceso de transformación de la materia prima, desde que ingresa hasta casi llegar a la entrada de la máquina de papel dónde se produce su transformación final en bobinas de papel.

Se logró dar respuesta a los objetivos planteados inicialmente, logrando la creación de una matriz de criticidad, en dónde permitió de una manera clara y sencilla ir clasificando cada equipo del módulo piloto que se utilizó para esta monografía, quedando abierto incluso para continuar la clasificación y evaluación de los demás equipos de la planta, hasta poder llegar al 100% de todos los activos.

Los resultados obtenidos permiten evidenciar que la implementación del análisis de criticidad puede llegar a mejorar la gestión del mantenimiento, como se pudo entrever en el inciso 8 ya se encuentra en fase de implementación la mejora/desarrollo de nuevos planes de mantenimiento, con tareas preventivas de manera rutinarias que se puedan ejecutar durante el proceso, que permitan liberar actividades no críticas al cronograma de paradas de mantenimiento programado y horas hombre, que se pueden distribuir en actividades realmente críticas, así como también se espera poder mejorar el cumplimiento de las paradas de mantenimiento programadas al llegar al 100% de implementación de los activos en la matriz de criticidad.

11. Recomendaciones

Con base en los hallazgos y resultados obtenidos en esta monografía de grado, se generan las siguientes recomendaciones para lograr el 100% de inclusión de los activos de la compañía:

- Establecer un grupo de profesionales, departamento y/o una persona que vaya realizando la alimentación en la matriz hasta llegar al 100% de equipos.
- Involucrar a la GERENCIA y DIRECCIÓN para poder lograr obtener todos los beneficios de la herramienta, así como iniciar su proceso de implementación.
- Realizar identificación y clasificación de los activos restantes de cada línea de producción.
- Realizar una evaluación periódica definida por la organización o cada vez que se realice una modificación/mejora de algún proceso.
- Actualizar permanentemente los historiales de fallas de los equipos.
- Capacitar al personal ingeniería/técnico en la metodología de análisis de criticidad.
- Implementar KPI's que permitan evaluar la efectividad del modelo.

Referencias Bibliográficas

- Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2016). *Industrias de petróleo, petroquímica y gas natural – recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos (ISO 14224:2016)*.
- Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2018). *Gestión del riesgo — Directrices*.
- OVERMADE. (s.f.). Obtenido de <https://www.overmade.it/es/productos/maquinas-de-papel-y-carton>
- SUIMTEC. (s.f.). Obtenido de <https://suimte.com/producto/filtro/>
- Team, S. C. (2026). Obtenido de <https://safetyculture.com/es/temas/gestion-de-riesgos>
- Trout, J. (2022). *Congreso de Mantenimiento y Confiabilidad. Obtenido de Congreso de Mantenimiento y Confiabilidad*. Obtenido de <https://cmclatam.com/2022/02/23/analisis-de-criticidad-que-es-y-por-que-esimportante/>
- UNIBOL S.A.S. (s.f.). <https://www.unibol.com.co/nosotros>.
- UpKeep. (s.f.). Obtenido de <https://upkeep.com/es/learning/criticality-analysis/>