



Taxonomía de los activos mantenibles de la planta de Itagüí de la empresa sulfoquímica y sus principales modos de falla.

Autor.

Santiago Arenas Cano

Trabajo de proyecto de práctica para optar el título de Ingeniero Mecánico

Asesor Interno.

Sebastián López Gómez

Ing. Mecánico.

Asesor Externo.

Sebastián Mora Mira

Jefe de Mantenimiento.

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánica

Pregrado

Medellín, Colombia

2023

Cita	(Arenas Cano, 2023)
Referencia	Arenas Cano, S. (2023). <i>Repositorio de la Universidad de Antioquia: Taxonomía de los activos mantenibles y sus principales modos de falla de la empresa Sulfoquímica S.A.S, 2023.</i>
Estilo APA 7 (2020)	[Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.



Ingeniería mecánica, semestre de industria.

Facultad de ingeniería.

Departamento de ingeniería mecánica.



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes

Decano/Director: Jesús Francisco Vargas Bonilla.

Jefe departamento: Pedro León Simanca.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

Especialmente, a mis padres, Nelcy Cano y Gustavo Alberto Arenas, por todo su amor y acompañamiento en mi formación personal y profesional, gracias por creer en mí, apoyarme, guiarme y brindarme la oportunidad crecer como ser humano y profesional a lo largo de mi vida.

Agradecimientos

Agradecimientos especiales a mi pareja Angie Daniela Echavarría y su familia, quienes me han acompañado y apoyado durante mis años de formación profesional.

Igualmente, mis más sinceros agradecimientos a la empresa SULFOQUIMICA S.A. Por complementar mi formación académica, además de darme la oportunidad y confianza de ejercer y afianzar mis conocimientos obtenidos a lo largo de mi carrera, especialmente dentro de la empresa quiero agradecer al departamento de mantenimiento de la planta de Itagüí, quienes siempre me guiaron con la mejor actitud en pro de mi formación profesional.

Tabla de contenido

Resumen	9
Abstract	10
Introducción	11
1. Objetivos	13
1.1. Objetivo general	13
1.2. Objetivos específicos.....	13
2. Marco teórico	14
2.1. Recolección y actualización de datos	14
2.2. Taxonomía de los activos mantenibles.....	15
2.3. Principales modos de falla.....	16
3. Metodología	17
3.1. Recopilación de datos generales de la planta	17
3.1.1. Áreas de producción de la planta de Itagüí	17
3.2. Alimentación de datos en el CMMS	18
3.2.1. Registro de información en el software Fracttal	18
3.3. Taxonomía de activos.....	21
3.4. Principales modos de falla.....	23
4. Resultados	25
4.1. Generación de base actualizada de datos de la planta de Itagüí.....	25
4.2. Definición de la taxonomía de activos mantenibles.....	28
4.3. Definición de los principales modos de falla.	29
5. Análisis	31
5.1. Análisis frente al registro y migración de la base de datos de los ítems o componentes mantenibles de la planta.	31

5.2.	Análisis de la taxonomía de activos mantenibles.....	32
5.3.	Análisis de la definición de los principales modos de fallas.....	33
6.	Conclusiones.....	35
	Referencias.....	38
	Anexos.....	39

Lista de tablas

Tabla 1: Indicativo numérico de las plantas de producción	18
Tabla 2: Posibles niveles jerárquicos intermedios de la taxonomía de la planta de Itagüí.	22
Tabla 3: Activos referentes a la actualización de datos.	27
Tabla 4: Datos de modo de falla asociados a la hoja de cálculo	30
Tabla 5: Categorías destacadas en el registro de datos	31
Tabla 6: Relación entre los niveles taxonómicos y las categorías presentes en el registro de datos	33

Lista de figuras

Figura 1: Niveles taxonómicos	15
Figura 2: Ejemplo de modos de fallas asociados a activos mantenibles	16
Figura 3: Ejemplo de registro de información en el software Fracttal	19
Figura 4: Ejemplo de registro de información de adjuntos en el software Fracttal	20
Figura 5: Primeros 4 niveles jerárquicos de la taxonomía de la planta de Itagüí	21
Figura 6: Ejemplo de código categorizador de los activos mantenibles	23
Figura 7: Ejemplo de la estructura para definir los principales modos de falla	24
Figura 8: Clasificación de carpetas asociadas a la base de datos de los activos mantenibles de la planta	26
Figura 9: Ejemplo de clasificación de los activos partiendo de la subdivisión establecida.	26
Figura 10: Generalización de niveles taxonómicos asociados a la hoja de cálculo.	28

Siglas, acrónimos y abreviaturas

CMMS	Sistema computarizado de gestión de mantenimiento
PMO	Optimización del mantenimiento preventivo
RCM	Mantenimiento centrado en confiabilidad
ACH	Hidroxiclорuro de aluminio
PAC	Policloruro de aluminio

Resumen

En la industria de producción a gran escala es importante definir una planeación o metodología dentro de la empresa, la cual permite generar una armonía de trabajo entre los diferentes departamentos internos de la planta como lo son: mantenimiento, producción, logística, calidad, entre otros. Dicha planificación es el primer paso para garantizar un cumplimiento en los objetivos de producción de la empresa, reduciendo en si tiempos muertos de producción y paradas de planta no programadas.

Para el actual caso, dentro de las necesidades de la empresa para llegar a este objetivo de producción constante y de calidad, se hace necesario una actualización de información relevante de los activos mantenibles de la planta, asegurando así que la planeación del mantenimiento sea verídica, optima y no afecte en lo posible los demás departamentos de la empresa. Para ello, la planta de producción de Itagüí de la empresa sulfoquímica, busca la actualización de datos de sus activos mantenibles, dicha información se registra a través del software Fracttal el cual es un sistema informático de gestión del mantenimiento, el cual nos permite llevar un registro de datos históricos de mantenimiento, generar ordenes de trabajo, planeación periódica de mantenimiento preventivo, entre otras funciones. Dicha herramienta servirá como base para generar una taxonomía de los activos mantenibles de la empresa y a partir de dicha taxonomía se busca generar una estructura y análisis de los principales modos de falla de dichos activos, todo esto partiendo de la actualización de datos de la empresa, asegurando así que los análisis ya mencionados son relevantes y aplicables dentro de los modos de operación actuales de la planta.

Palabras clave: Base de datos, Activos mantenibles, Taxonomía de activos, Modos de falla.

Abstract

In the large-scale production industry, it is important to define a planning or methodology within the company, which allows to generate a working harmony between the different internal departments of the plant such as: maintenance, production, logistics, quality, among others. This planning is the first step to ensure compliance with the production objectives of the company, reducing production downtime and unscheduled plant shutdowns. For the current case, within the needs of the company to reach this goal of constant production and quality, it is necessary to update relevant information of the plant's maintainable assets, thus ensuring that maintenance planning is accurate, optimal and does not affect as much as possible the other departments of the company. For this purpose, the Itagüí production plant of the sulfoquímica company, seeks to update the data of its maintainable assets, such information is recorded through the Fractal software, which is a computerized maintenance management system, which allows us to keep a record of historical maintenance data, generate work orders, periodic planning of preventive maintenance, among other functions. This tool will serve as the basis for generating a taxonomy of the company's maintainable assets and from this taxonomy we seek to generate a structure and analysis of the main failure modes of these assets, all this based on the updating of the company's data, thus ensuring that the analyses are relevant and applicable within the plant's current modes of operation.

Keywords: Database, Maintainable assets, Asset taxonomy, Failure modes.

Introducción

Sulfoquímica S.A. es una empresa fundada en 1966, la cual tiene como objetivo la producción de químicos coagulantes, absorbentes: distribución de productos flocculantes, garantizando dentro de sus procesos la calidad de sus productos basado en la necesidad del cliente. Para ello actualmente la empresa cuenta con 4 plantas de producción las cuales se nombran por su ubicación: Planta de Itagüí, planta de Barbosa, planta de Malambo y planta de Caloto. El departamento de mantenimiento de Sulfoquímica el cual ha sido estructurado desde el año 2012 dentro de la empresa, cuenta actualmente con 2 ingenieros mecánicos, 1 practicante de ingeniería mecánica, 9 técnicos mecánicos y ayudantes de mecánico y 3 técnicos eléctricos y electromecánicos. Para el actual caso de estudio se remonta solamente a la planta con sede en Itagüí, la cual se dedica específicamente a la producción de: sulfato tipo B líquido, sulfato tipo A líquido, sulfato tipo A sólido, hidroxiclورو de aluminio (ACH) y policloruro de aluminio (PAC); Procesos los cuales se realizan a en base a los siguientes reactivos como lo son: el hidróxido de aluminio, las latas de aluminio, el sulfato férrico, la bauxita, el ácido sulfúrico, el ácido clorhídrico y la soda caustica; Adicionalmente dichos procesos son llevados a cabo por el área de producción a través de quipos como: bombas neumáticas, bombas magnéticas, bombas centrifugas, bombas dosificadoras de diafragma, agitadores, celdas de carga, reactores en fibra de vidrio, tanques agitadores en acero inoxidable, molinos de bolas y filtro prensa entre otros activos necesarios en la entrega del producto final.

Basados en esta idea de producción continua, el área de mantenimiento es importante ya que la correcta gestión en la intervención de los equipos mantenibles de la planta asegura la disponibilidad de estos en condiciones aceptables o idealmente óptimas para cumplir objetivos de producción y calidad dentro de los estándares de la empresa y buscando cubrir a cabalidad las necesidades de los clientes. Desde el departamento de mantenimiento se hace necesario trabajar en conjunto frente a la planeación y ejecución de acciones para los activos mantenibles de la planta en conjunto con las demás dependencias de la empresa como lo es producción, calidad y ventas. Lo cual como ya se ha mencionado, permitirá una mejora en la toma de decisiones frente a posibles problemas que puedan afectar el funcionamiento normal de la planta, mejorando así la productividad de la planta y por ende un crecimiento económico de la empresa dentro de su campo de acción.

Dicho objetivo a lograr dentro de la producción actual de la planta se ve afectado por los tiempos oportunos de entrega, los cuales tienen como prioridad la producción continua del producto final, por ende dentro de la gestión de mantenimiento de la planta se ve una tendencia en gran medida a acciones correctivas de los activos, frente a las acciones preventivas o predictivas que se pudieran tener frente al posible problema, lo cual conlleva a tener paradas no programadas o tiempos muertos de producción que afectan directamente la razón social de la empresa.

Actualmente para lograr una gestión óptima de mantenimiento se hace necesario atacar una necesidad puntual de la planta, la cual es la actualización y alimentación continua de datos de los activos mantenibles, ya que a pesar de que actualmente se cuenta con una base de datos históricos de la planta, dichos datos han tenido cambios o son irrelevantes dentro de los procesos que actualmente se desarrollan dentro de la planta, por ende se busca con dicha actualización mantener una gestión de datos confiable y aplicable, a partir de dicha base de datos se podrá realizar de forma correcta la taxonomía de los activos de la planta y posteriormente identificar los principales modos de falla de dichos activos teniendo en cuenta su jerarquía o importancia dentro de los procesos internos de la planta.

En consecuencia, se genera una base de datos actualizada y registrada en el software Fractal implementado por la empresa para la gestión de datos de mantenimiento, posteriormente se genera la taxonomía y modos de falla de los activos de la planta. Dicha información no solo se remontará al área de mantenimiento, si no que busca ir de en conjunto con las demás dependencias de la planta.

Para la generación de dicha base de datos se toma conceptos establecidos por las normas SAE JA1012 y la norma ISO 14224; Normas las cuales serán guías que seguir para generar y estandarizar claramente la taxonomía de los activos mantenibles de la planta y sus principales modos de fallas, dichos datos generados a partir de las normas mencionadas serán resumidas y sustentadas en el presente trabajo para uso general por parte de la empresa.

1. Objetivos

1.1. Objetivo general

Actualizar la información general de los activos mantenibles de la planta Itagüí, definiendo en forma jerárquica una taxonomía de dichos activos, para así definir de forma más eficiente los modos de falla asociados a estos.

1.2. Objetivos específicos

- Actualizar los datos de los activos mantenibles de la planta a través del software Fractal como lo son: manual de operación, planos de ensamble, registro fotográfico y ubicación dentro de la empresa.
- Desarrollar la taxonomía de los activos mantenibles de la planta de Itagüí.
- Estandarizar los principales modos de falla de los activos mantenibles de la planta de Itagüí.
- Presentar los datos recolectados y analizados para uso general de la planta de Itagüí.

2. Marco teórico

2.1. Recolección y actualización de datos

Partiendo de que existe una necesidad por parte de la empresa en la actualización de datos de los activos mantenibles en los diferentes procesos de producción, para ello se tomará como base las normas ya establecidas como la norma ISO 14224, la cual establece que la recolección de datos se basa “en la compilación de información desde diferentes fuentes, donde el tipo y formato de datos están previamente predefinidos”. Dentro de la recolección y actualización de datos se hará uso del CMMS implementado por la empresa, es decir el software Fracttal.

Dicha recolección de datos conlleva a producir fuentes de datos confiables los cuales como lo indica la norma anteriormente mencionada sirve como guía en la clasificación de aplicaciones como lo son:

- Datos genéricos del activo.
- Datos específicos de los activos de la planta y sus modos de operación.
- Datos del fabricante o proveedor.
- Datos de errores asociados a mala operación del activo (error humano, falta de calibración del activo, variables erróneas de operación, entre otras).
- Decisiones y juicios por parte de operarios y expertos en el activo mantenible.

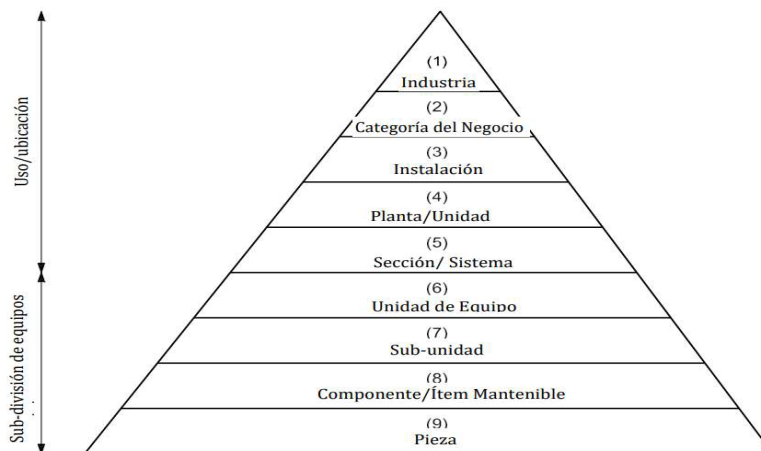
Adicionalmente la norma sugiere los siguientes pasos para la correcta creación de fuentes de datos, los cuales se presentan y se resumen de acuerdo con el presente caso planteado:

- Abordar en totalidad las fuentes de datos disponibles de los procesos y activos de la planta, extrayendo así toda la información relevante y registrándola en tiempo real para uso general e inmediato por parte de las diferentes áreas de la planta.
- Correcto análisis de los datos obtenidos, para así generar una interpretación y traducción de dichos datos los cuales sean comunes y de fácil implementación por parte de las diferentes áreas de la planta.
- Distribución de dichos datos partiendo de una fuente común el cual sea común para las diferentes áreas de la planta, estandarizando así la actualización de datos en tiempo real.
- Planeación de la recolección de datos basados en el análisis de costos-beneficios.

2.2. Taxonomía de los activos mantenibles

Definido según la norma como “una clasificación sistemática de los activos mantenibles en grupos basados en sus factores comunes”, en otras palabras, se realiza la agrupación en forma jerárquica de los activos de la planta basado en su ubicación dentro de la planta, proceso de producción, dependencia e importancia del activo en su actividad de producción, subdivisión o componente de los equipos, etc. En búsqueda de la estandarización internacional se tiene la jerarquía mostrada en la **Figura 1** definidos por la norma ISO 14-224, donde los niveles del 1 al 5 categoriza en forma general las diferentes plantas y las aplicaciones dentro de la industria independientemente de los activos mantenibles involucrados. Consecuentemente los niveles del 6 al 9 van directamente relacionados al equipo, teniendo una subdivisión jerárquica correspondiente a una relación padre – hijo, donde se prioriza y se cataloga según la importancia y complejidad del activo.

Figura 1: Niveles taxonómicos



Nota. Fuente https://www.academia.edu/44518114/ISO_14224_espa%C3%B1ol (ISO 14-224, 2016).

Cabe anotar que los datos de los activos dentro los niveles de la jerarquía taxonómica deben estar relacionados para ser datos significativos, lo cual aportara que la información clasificada tenga un significado claro para determinar el actual estado del activo analizado y sus posibles subdivisiones o procesos asociados a este.

2.3. Principales modos de falla

Se define como un evento cuantificable en el cual se produce la interrupción de un proceso dentro de la línea de producción de la empresa, esta puede estar asociada a un equipo, una subdivisión o parte de éste.

Según la norma SAE JA 1012 los modos de falla son definidos como un evento que puede ocurrir en un componente y provocar la falla funcional del equipo al que pertenece (SAE JA 1012, 2002), además nos sugiere una estructura de como presentar los modos de falla, compuesta por un objeto o parte de interés, un adjetivo calificativo o participativo pasivo el cual describa la razón de la falla y por último el porqué de la falla, esta descripción de los modo de falla según la norma deben ser descritos con suficiente detalle para hacer posible la selección de una política de manejo de fallas apropiada (SAE JA 1012, 2002). Un ejemplo de estructura de modo se falla sería: Tubería rota por alta presión, donde la tubería es el objeto, estar rota es el adjetivo calificativo y la alta presión el porqué de la falla.

En resumen, los modos de falla se clasifican dependiendo la forma en que un activo se puede degradar o perder la capacidad de desempeñar la función para la cual fue diseñada e implementada dentro de una línea de producción. En la **Figura 2** se muestra se muestra en modo de ejemplo los posibles modos de fallas en bombas presentado por la norma ya mencionada (SAE JA 1012, 2002).

Figura 2: Ejemplo de modos de fallas asociados a activos mantenibles

ACTIVO: Sistema de Bombeo			
FUNCION		FALLA FUNCIONAL (Pérdida de la Función)	Modo de Falla (Causa de la Falla)
1	Transferir agua del tanque X al tanque Y, a no menos de 800 litros por minuto.	A No disponible para transferir ninguna cantidad de agua	1 Cojinete atascado
			2 Motor quemado
			3 Impulsor suelto
			4 Cizallas en el cubo del acople debido a la fatiga
			5 Válvula de entrada atascada en posición cerrada
			6 Impulsor atascado por un objeto extraño.....etc.
		B Transfiere menos de 800 litros por minuto	1 Impulsor desgastado
			2 Línea de succión parcialmente bloqueada....etc.

Nota. Tomada de norma (SAE JA 1012, 2002).

3. Metodología

3.1. Recopilación de datos generales de la planta

Para generar una actualización de la base de datos de los equipos mantenibles de la planta se considera necesario separar y diferenciar dichos equipos en sus respectivos procesos de producción, ya que como anteriormente se ha mencionado la planta en cuestión tiene procesos establecidos en diferentes productos, donde se pueden utilizar o intercambiar equipos entre ellos. Por ende, se realiza la actualización de datos de los equipos mantenibles de la planta de manera que se puedan agrupar y asociar a un producto final.

Esta separación de equipos entre los diferentes procesos es de gran importancia para generar una base de datos la cual se pueda registrar y administrar de forma óptima a través del sistema de gestión de mantenimiento implementado por la empresa o “CMMS” que para el actual caso es el software Fractal.

3.1.1. Áreas de producción de la planta de Itagüí

Como se ha mencionado en el presente informe la planta con sede en Itagüí tiene producción de diferentes productos coagulantes como lo son:

- Hidroxicloruro de aluminio.
- Policloruro de aluminio.
- Sulfato tipo B líquido.
- Sulfato tipo A líquido.
- Sulfato tipo A sólido.

Dichos productos son necesarios separarlos dentro de la planta para facilidad de registro de información y en consecuencia facilidad para generar una taxonomía general de la planta, esto debido a que entre estos procesos se pueden tener ítems o equipos mantenibles comunes e intercambiables entre los diferentes procesos, por otro lado también se da que dicho ítem o activo mantenible solo se puede utilizar en uno de los anteriores procesos mencionados y su aplicación está destinada dentro de la planta a un solo proceso.

Bajo esta premisa de separación de procesos dentro de la planta, se realiza la recolección de información agrupando los datos de los activos mantenibles de acuerdo con su función en la creación de uno de los productos finales.

3.2. Alimentación de datos en el CMMS

El registro de la información tomada de los activos mantenibles de la planta es registrado en el software Fractal o “CMMS” implementado por la empresa desde el año 2020, cabe anotar que debido a que el departamento de mantenimiento lleva poco tiempo de implementación dentro de la empresa en comparación al tiempo de creación y producción de la empresa, la base de datos en gestión de mantenimiento tiene información incompleta o desactualizada; por lo cual se realiza una retroalimentación y registro de datos generales de los activos mantenibles de la planta siguiendo el proceso de registro establecido por el CMMS implementado.

3.2.1. Registro de información en el software Fractal

Para tener una mejor visión del registro de datos a realizar, a continuación, se muestra el procedimiento establecido a llevar dentro del software Fractal para el registro de información de cada activo mantenible.

Inicialmente se tiene un registro de activos según su ubicación, es decir que cada planta tiene un indicativo numérico, el cual tiene como función asociar un activo mantenible a su planta de producción. En la **Tabla 1** se muestra el indicativo numérico de cada planta.

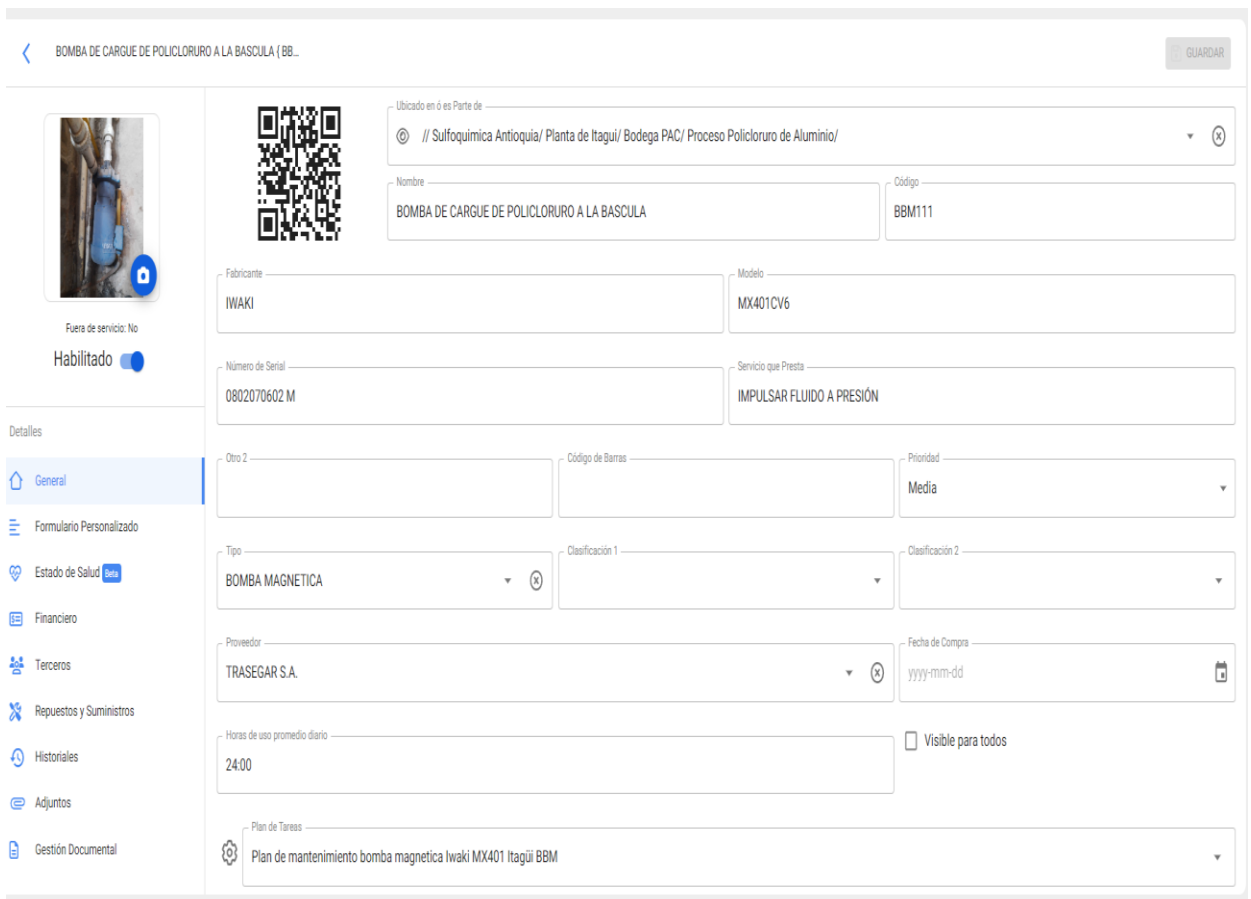
Tabla 1: Indicativo numérico de las plantas de producción

Planta de Itagüí (Antioquia)	1
Planta de Caloto (Valle del cauca)	2
Planta de Malambo (Atlántico)	3
Planta de Barbosa (Antioquia)	4

Teniendo en cuenta esto se realiza un registro de los activos partiendo de las iniciales del activo, seguido por su indicativo de ubicación y su registro numérico único, en otras palabras, cada activo mantenible va categorizado a través de un código único en el registro de información por su ubicación y función; como ejemplo podemos ver que el registro de bombas magnéticas tiene como código las siglas BBM, mientras que las bombas neumáticas tiene como código las siglas BMN, dicho esto las siglas de cada activo es definido por el departamento de mantenimiento.

El registro de la información a través del software permite generar los siguientes campos para cada activo como se muestra en la **Figura 3**, donde se presenta un ejemplo en el registro de información para una bomba dentro la línea de producción:

Figura 3: Ejemplo de registro de información en el software Fractal



The screenshot displays the 'BOMBA DE CARGUE DE POLICLORURO A LA BASCULA (BB...)' record in the Fractal software. The interface includes a sidebar with navigation options like 'General', 'Formulario Personalizado', 'Estado de Salud', 'Financiero', 'Terceros', 'Repuestos y Suministros', 'Historiales', 'Adjuntos', and 'Gestión Documental'. The main form contains the following data:

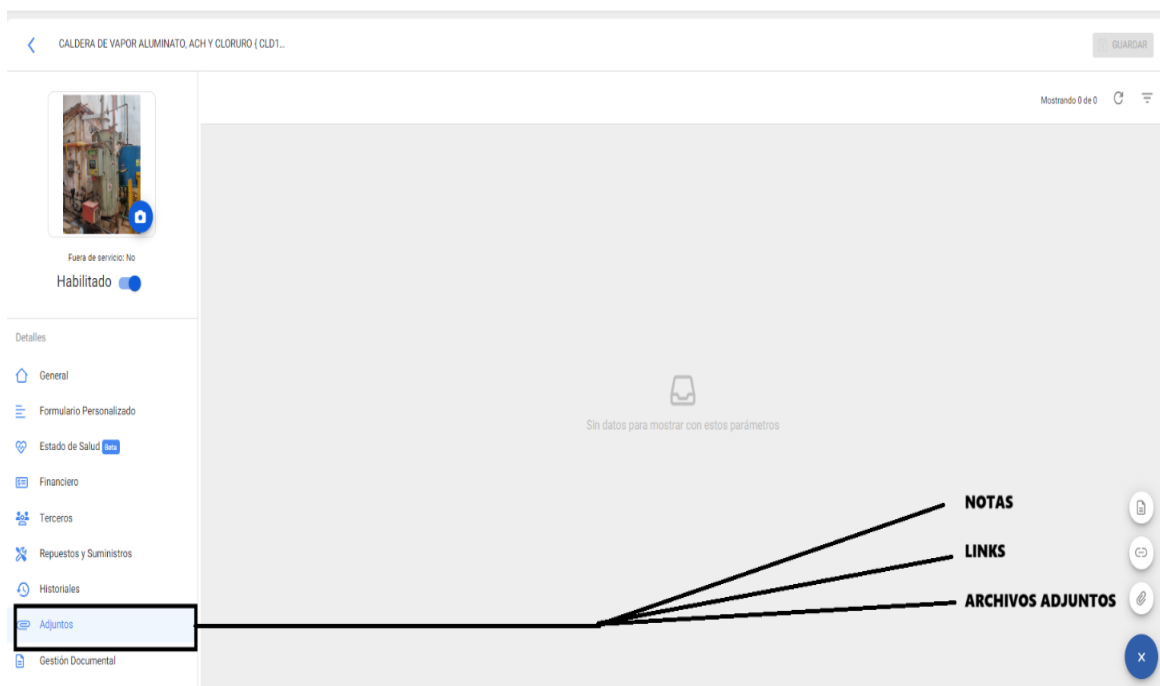
- Ubicado en ó es Parte de:** // Sulfoquímica Antioquia/ Planta de Itagüi/ Bodega PAC/ Proceso Policloruro de Aluminio/
- Nombre:** BOMBA DE CARGUE DE POLICLORURO A LA BASCULA
- Código:** BBM111
- Fabricante:** IWAKI
- Modelo:** MX401CV6
- Número de Serial:** 0802070602 M
- Servicio que Presta:** IMPULSAR FLUIDO A PRESIÓN
- Otro 2:** (empty)
- Código de Barras:** (empty)
- Prioridad:** Media
- Tipo:** BOMBA MAGNETICA
- Clasificación 1:** (empty)
- Clasificación 2:** (empty)
- Proveedor:** TRASEGAR S.A.
- Fecha de Compra:** yyyy-mm-dd
- Horas de uso promedio diario:** 24:00
- Visible para todos:**
- Plan de Tareas:** Plan de mantenimiento bomba magnetica Iwaki MX401 Itagüi BBM

Nota. Fuente <https://www.fractal.com/es/fractal-one>.

Siguiendo el objetivo de generar un historial de datos actualizados, significativos y cuantificables se hace necesario registrar información de los activos mantenibles para uso general dentro de la planta como lo es: variables de operación ideales, ubicación dentro de la planta, manual de operación, planos de ensamble, entre otros datos. Para ello se registra en el CMMS dichos datos a través de la opción de adjuntos, el cual permite registrar archivos a la base de datos asociado al activo como lo son notas, links y archivos adjuntos.

Información que generalmente será registrada en el software desde la opción archivos adjuntos como se muestra en la **Figura 4**, esta opción dentro del software permite adjuntar información desde diferentes formatos, para el actual caso se realiza en formato PDF, esto con el fin de estandarizar y facilitar el acceso a la información desde todas las áreas de la empresa y para el presente caso se limitará a la información general de la planta de producción de Itagüí.

Figura 4: Ejemplo de registro de información de adjuntos en el software Fractal



Nota. Fuente <https://www.fractal.com/es/fractal-one>.

3.3. Taxonomía de activos

Para la generación de una taxonomía global de la empresa se define inicialmente una categorización en relación con las plantas físicas y su aplicación en la industria como se muestra en la **Figura 5**, teniendo en cuenta que el presente proyecto está enfocado en los activos mantenibles de la planta de Itagüí, se realiza una categorización general de los activos según su contexto operacional dentro de los 4 primeros niveles jerárquicos establecidos.

Figura 5: Primeros 4 niveles jerárquicos de la taxonomía de la planta de Itagüí



Nota. Adaptado de ISO 14-224 (2016).

Luego de nivel 4 correspondiente a la planta de producción de Itagüí la cual es el objeto de estudio y análisis del presente proyecto se establece los siguientes niveles taxonómicos de los activos mantenibles de interés según la norma. Consecuentemente a partir del nivel 5 se define las secciones de producción de la planta, las unidades de equipos asociadas a dichas secciones, los equipos operativos de cada unidad categorizados y sus piezas o partes mantenibles.


En la **Tabla 2** se establecen las categorías y subdivisiones posibles para los niveles taxonómicos 5, 6 y 7.

Tabla 2: Posibles niveles jerárquicos intermedios de la taxonomía de la planta de Itagüí.

(5) Sección / Sistema	(6) Unidad de equipo	(7) Sub-Unidad
Bodega Bauxita	Unidades de Almacenamiento	Agitadores y mezcladores
Bodega PAC	Unidades de Acción y Reacción	Bandas transportadoras
Bodega sulfato tipo A	Unidades de Distribución	Basculas
Bodega sulfato tipo B	Unidades de Control	Bombas
		Calderas
		Celdas
		Chimeneas
		Compresores
		Filtros
		Indicadores de nivel
		Intercambiadores de calor
		Medidores de flujo
		Mezcladores
		Molinos
		Moto-bombas
		Moto-reductores
		Motores
		Moto-ventiladores
		Reactores
		Sensores
		Tableros
		Tanques
		Tornillos de potencia
		Torres
		Transmisores de nivel
		Variadores de velocidad
		Zarandas

Para el nivel 8 correspondiente a los componentes o ítems mantenibles de la planta, se categorizan a través de un código alfanumérico donde las 3 primeras letras categorizan la naturaleza del activo, el primer número del código indica la ubicación del activo dentro de la empresa, los 2 últimos números del código están determinados para nombrar y diferenciar los activos entre sí. En la **Figura 6** se muestra un ejemplo de dicha categorización para las bombas de la planta, donde inicialmente se define el tipo de bomba y dentro de estas se define las bombas centrífugas a través de un código único para este.

Figura 6: Ejemplo de código categorizador de los activos mantenibles

Bombas centrifugas (MTB)		Bomba #1 centrifuga vertical alimentacion caldera aluminato,ACH, cloruro (MTB117)
Bombas magneticas (BBM)		Bomba #2 centrifuga vertical alimentación caldera aluminato, ACH, cloruro (MTB124)
Bombas neumaticas (BMN)		Bomba centrifuga IHM acuarium para llenado de isotanques (MTB109)
		Bomba centrifuga iwaki salida de acido clohidrico al reactor (BBM102)
		Bomba eje libre aquarium beq aba-2 de logistica (MTB123)
		Bomba graco acero inoxidable husky 1050 (MTB122)

Finalmente, en el nivel 9 taxonómico se establecen las piezas o partes mantenibles de cada uno de los ítems ya definidos en el anterior nivel, como ejemplo para el caso de las bombas se tendrían piezas como lo son los diafragmas, silenciadores, empaques, entre otros.

Para la presentación de los resultados de la taxonomía de activos generada se hace uso de la herramienta hoja de cálculo del software Microsoft Excel, esto con el fin de mejorar la organización y el acceso a la información registrada.

3.4. Principales modos de falla.

En la definición de los modos de falla de los activos se tiene como base los datos registrados por el área de mantenimiento de la empresa como lo son: inventario de activos, ordenes y solicitudes de trabajo, estrategias o planes de mantenimiento. Teniendo en cuenta dichos datos históricos las principales causas de fallos se clasifican así:

- Abrasión
- Alta temperatura
- Atascamiento
- Contaminación
- Corrosión
- Corto circuito
- Desajuste
- Desalineamiento

- Desbalanceo
- Desgaste
- Fatiga del material
- Fin de la vida útil
- Impacto con objeto extraño
- Mal desempeño
- Mal montaje
- Sobrecarga
- Vibración

Adicionalmente, los principales modos de falla de la planta se estructurarán como lo sugiere la norma (SAE JA 1012, 2002), la cual nos permite describir el modo de falla con los detalles necesarios para facilitar la toma de decisiones sobre dicha falla; como se muestra en modo de ejemplo en la **Figura 7**.

Figura 7: Ejemplo de la estructura para definir los principales modos de falla



Nota. Fuente https://www.youtube.com/watch?v=4wY0NogOL4k&ab_channel=ACIEM.

4. Resultados

Teniendo como base los datos históricos registrados y complementando dicha información en colaboración con el área de mantenimiento de la compañía se realiza la construcción y actualización de una nueva base de datos, consecuentemente a dichos datos se categorizan a través de una taxonomía de los activos mantenibles asociados a la base de datos recolecta, para luego definir los principales modos de falla asociados a los activos jerarquizados a través de la taxonomía.

Finalmente, en el presente trabajo se presentan los resultados obtenidos para el uso general de la compañía, esto con el fin de que los datos presentados sirvan como una base confiable de información a la hora de tomar decisiones frente a los activos mantenibles de la planta, decisiones como lo son: ordenes de trabajo, planes de mantenimiento, generación de ordenes de compras, entre otras acciones directamente relacionadas con la gestión de mantenimiento de la planta.

4.1. Generación de base actualizada de datos de la planta de Itagüí.

La generación de una base actualizada de datos se genera a partir de una necesidad puntual de la planta la cual se plantea como base de estudio al practicante de mantenimiento de la compañía y se empieza a desarrollar a inicios de marzo, por ende, se tiene en cuenta que la base de datos generada y registrada son a partir de dicha fecha y están condicionados a posibles cambios dentro de las líneas de producción.

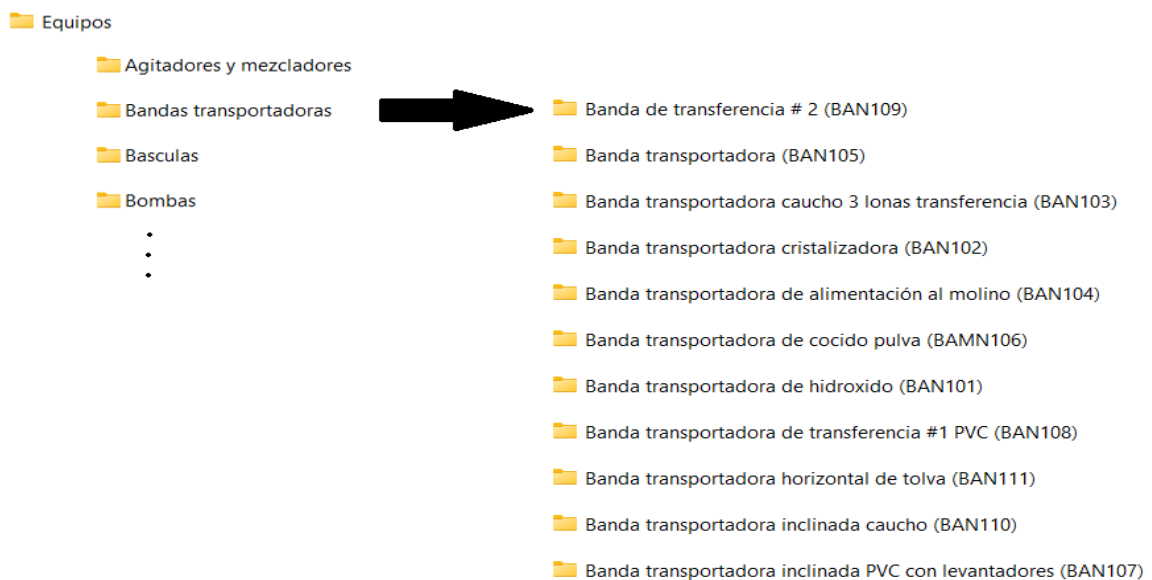
El formato para seguir para la base de datos se genera a partir de una carpeta de archivos disponible para uso general de la compañía, dicha carpeta tiene una subdivisión de activos según su naturaleza o función del activo, como se muestra a continuación en la **Figura 8**.

Figura 8: Clasificación de carpetas asociadas a la base de datos de los activos mantenibles de la planta



Dentro de las subdivisiones establecidas en la base de datos se diferencia y se clasifica el activo en si en sus diferentes configuraciones o modos de funcionamiento como se muestra a modo de ejemplo para las bandas transportadoras de la planta en la **Figura 9**.

Figura 9: Ejemplo de clasificación de los activos partiendo de la subdivisión establecida.



Teniendo en cuenta el modo de presentación de datos definida a través de carpetas se establecen los siguientes resultados en el registro de la base de datos mostrados en la **Tabla 3**.

Tabla 3: *Activos referentes a la actualización de datos.*

Clasificación del activo	Cantidad de activos asociados
Agitadores y mezcladores	2
Bandas transportadoras	11
Basculas	4
Bombas	49
Calderas	3
Celdas	9
Chimeneas	6
Compresores	3
Equipos varios	25
Filtros	5
Indicadores de nivel	13
Intercambiadores de calor	5
Medidores de flujo	7
Mezcladores	26
Molinos	2
Motobombas	18
Motorreductores	47
Motores	11
Moto ventiladores	4
Reactores	8
Sensores	4
Tableros	37
Tanques	58
Tolvas	6
Tornillos de potencia	7
Torres	6
Tractocamiones	9
Transmisores de nivel	18
Variadores de velocidad	10
Zarandas	2

4.2. Definición de la taxonomía de activos mantenibles.

La creación de la taxonomía de activos se realiza en formato de hoja de cálculo de Microsoft Excel con el fin de facilitar el acceso, análisis y modificación de los datos registrados dentro de las diferentes áreas de la compañía. El archivo en formato de hoja de cálculo con el nombre de **Taxonomía de activos – planta Itagüí**; el cual está conformado por 4 hojas de cálculo, donde inicialmente en la primera hoja de cálculo se presenta de forma general los niveles taxonómicos 5, 6 y 7 como se muestra en la **Figura 10**.

Figura 10: Generalización de niveles taxonómicos asociados a la hoja de cálculo.

(5) Sección / Sistema	(6) Unidad de equipo	(7) Sub-Unidad	(5) Sección / Sistema	(6) Unidad de equipo	(7) Sub-Unidad	
Bodega PAC	Unidades de Almacenamiento	Mezcladores	Bodega sulfato tipo A	Unidades de Almacenamiento	Mezcladores	
		Reactores			Reactores	
		Tanques			Tanques	
		Tolvas			Tolvas	
	Unidades de acción y reacción	Agitadores y mezcladores		Agitadores y mezcladores	Unidades de acción y reacción	Agitadores y mezcladores
		Calderas		Calderas		Calderas
		Compresores		Compresores		Compresores
		Filtros		Filtros		Filtros
		Intercambiadores de calor		Intercambiadores de calor		Intercambiadores de calor
		Mezcladores		Mezcladores		Mezcladores
		Subestación eléctrica		Subestación eléctrica		Molinos
		Moto-bombas		Moto-bombas		Moto-bombas
		Moto-reductores		Moto-reductores		Moto-reductores
		Motores		Motores		Motores
		Moto-ventiladores		Moto-ventiladores		Moto-ventiladores
		Reactores		Reactores		Reactores
		Tanques		Tanques		Tanques
		Tornillos de potencia		Tornillos de potencia		Tornillos de potencia
		Torres		Torres		Torres
		Zarandas		Zarandas		Zarandas
Unidades de Distribución	Bandas transportadoras	Bandas transportadoras	Unidades de Distribución	Bandas transportadoras		
	Bombas	Bombas		Bombas		
	Chimeneas	Chimeneas		Chimeneas		
	Tracto - camion y trailer	Tracto - camion y trailer		Tracto - camion y trailer		
Unidades de control	Tornillos de potencia	Tornillos de potencia	Unidades de control	Tornillos de potencia		
	Basculas	Basculas		Basculas		
	Celdas	Celdas		Celdas		
	Indicadores de nivel	Indicadores de nivel		Indicadores de nivel		
	Medidores de flujo	Medidores de flujo		Sensores		
	Sensores	Sensores		Tableros		
	Tableros	Tableros		Transmisores de nivel		
	Transmisores de nivel	Transmisores de nivel		Variadores de velocidad		
Variadores de velocidad	Variadores de velocidad					

(5) Sección / Sistema	(6) Unidad de equipo	(7) Sub-Unidad	(5) Sección / Sistema	(6) Unidad de equipo	(7) Sub-Unidad	
Bodega sulfato tipo B	Unidades de Almacenamiento	Mezcladores	Bodega Bauxita	Unidades de Almacenamiento	Mezcladores	
		Reactores			Tanques	
		Tanques			Tolvas	
	Unidades de acción y reacción	Agitadores y mezcladores		Agitadores y mezcladores	Unidades de acción y reacción	Mezcladores
		Filtros		Filtros		Molinos
		Intercambiadores de calor		Intercambiadores de calor		Motores
		Mezcladores		Mezcladores		Moto-reductores
		Moto-bombas		Moto-bombas		Tanques
		Moto-reductores		Moto-reductores		Zarandas
		Motores		Motores		Bandas transportadoras
		Reactores		Reactores		Bombas
		Tanques		Tanques		Tableros
		Tornillos de potencia		Tornillos de potencia		Variadores de velocidad
	Torres	Torres				
	Unidades de Distribución	Bombas		Bombas	Unidades de control	
		Chimeneas		Chimeneas		
Tracto - camion y trailer		Tracto - camion y trailer				
Tornillos de potencia		Tornillos de potencia				
Unidades de control	Celdas	Celdas				
	Indicadores de nivel	Indicadores de nivel				
	Transmisores de nivel	Transmisores de nivel				
	Variadores de velocidad	Variadores de velocidad				

Consecuentemente, la segunda hoja de cálculo del archivo desarrolla el quinto nivel taxonómico correspondiente a la sección o sistema en el cual se clasifican los activos o ítems mantenibles según su ubicación dentro de la planta. La tercera hoja de cálculo del archivo contiene el sexto nivel taxonómico correspondiente a las unidades de equipo el cual clasifica los activos según la naturaleza o propósito de este dentro de los procesos internos de la planta. En la cuarta hoja de cálculo se desarrollan los niveles taxonómicos 7 y 8 correspondientes a las subunidades (nivel 7) y los componentes o ítems mantenibles (nivel 8), dentro de la cual se tendrá las subunidades como columnas y dentro de esta clasificación están separados cada uno de los componentes o ítems mantenibles de la planta.

El noveno nivel taxonómico correspondiente a las piezas o repuestos asociados a los componentes o ítems mantenibles no se desarrollará dentro del presente proyecto, esto debido a la gran cantidad de datos y la complejidad de su clasificación que dicho nivel registra y teniendo en cuenta que dentro de la definición de la norma ISO 14-224 dicho nivel se establece como opcional. Cabe anotar que para un posible desarrollo del noveno nivel taxonómico el presente proyecto sirve como base y punto de partida.

4.3. Definición de los principales modos de falla.

En el desarrollo de los principales modos de fallas se cuenta con una base de datos históricos registrados por el departamento de mantenimiento desde el mes de julio del año 2020 hasta el mes de agosto del año 2023, a través del CMMS de la empresa (Fractal). Para ello se hará uso del formato de hoja de cálculo de Microsoft Excel, esto con el fin de facilitar el acceso y análisis de los datos registrados.

Dicho archivo de Excel nombrado **Principales modos de falla**, la cual está conformada por cuatro hojas de cálculo, en la primera se encuentra el registro de datos de los modos de falla exportados del historial registrado a través del software o “CMMS” implementado por la empresa, el cual nos permite como se muestra en la **Tabla 4** migrar los datos, categorizarlos y filtrarlos.

Tabla 4: Datos de modo de falla asociados a la hoja de cálculo

Falla	Orden de Trabajo	Activos	Cantidad Fallas	Causas de la Falla	Método de detección de falla	Severidad de las Fallas
Mecánica	OT-18969	BOMBA MAGNETICA CARGUE Y DESCARGU DE ACIDO SULFURICO [BBN109] IMPULSAR FLUIDO A PRESION	1	ABRASIÓN	Visual	Media
Mecánica	OT-16994	MINICARGADOR BOBCAT S250 [MNC101] TRANSPORTE DE MATERIAL	1	Alta temperatura	Medición de variables	Media
Mecánica	OT-18967	REACTOR DE ACH [RTR108] CONTENEDOR REACCION QUIMICA	1	Ataque químico	Perdida de condición	Media
Mecánica	OT-17422	BOMBA NEUMATICA P4 POLIPROPILENO TRASBASE TANQUE TIPO B LIQUIDO [BMN131] TRANSPORTE DE COLADA AL DOSIFICADOR DE BAUXITA	1	Atascamiento	Perdida de condición	Media
Mecánica	OT-18609	MOLINO DE BOLAS DE BAUXITA [MOL103] PULVERIZAR Y MEZCLAR LA BAUXITA	1	Atascamiento	Visual	Media
Mecánica	OT-21351	TANQUE ALMACENAMIENTO DE SULFATO TIPO A LIQUIDO [TAN108] ALMACENAR SULFATO TIPO A	1	Atascamiento	Perdida de condición	Media
Mecánica	OT-18298	TOLVA DOSIFICADORA DE HIDROXIDO DE ALUMINIO [TLV105] ALMACENAMIENTO Y DOSIFICAR HIDROXIDO	1	Atascamiento	Perdida de condición	Muy Baja
Mecánica	OT-17402	BANDA TRANSPORTADORA DE HIDROXIDO [BAN101] TRANSPORTAR HIDROXIDO	1	Contaminación	Perdida de condición	Media
Mecánica	OT-18610	INTERCAMBIADOR DE CALOR GRANDE API [ITC102] ENFRIAR EL SULFATO TIPO B	1	Contaminación	Perdida de condición	Media
Mecánica	OT-18608	INTERCAMBIADOR DE CALOR PEQUEÑO API [ITC105] ENFRIAR EL SULFATO TIPO B	1	Contaminación	Perdida de condición	Media
Mecánica	OT-17409	TANQUE DE LA SEMILLA [TAN157] ALMACENAR Y AGITAR PRODUCTO PARA BANDA CRISTALIZADORA	1	Contaminación	Perdida de condición	Media
Mecánica	OT-17889	BOMBA NEUMATICA P4 ALUMINIO SALIDA MOLINO BAUXITA [BMN132] TRANSPORTE DE COLADA A TANQUES	1	Contaminación o material extraño	Perdida de condición	Media
Mecánica	OT-18094	BOMBA NEUMATICA WILDEN P4 [BMN101] IMPULSAR FLUIDO A PRESION	1	Contaminación o material extraño	Perdida de condición	Media
Mecánica	OT-17894	MOLINO DE BOLAS DE BAUXITA [MOL103] PULVERIZAR Y MEZCLAR LA BAUXITA	1	Contaminación o material extraño	Visual	Media
Mecánica	OT-18099	BOMBA DE CARGUE DE POLICLORURO A LA BASCULA [BBN111] IMPULSAR FLUIDO A PRESION	1	Corrosión	Perdida de condición	Media
Mecánica	OT-18622	MEZCLADOR AGITADOR DE SEMILLA [MZC105] MEZCLAR LA SOLUCION	1	Corrosión	Visual	Media
Mecánica	OT-17470	REACTOR #2 PARA MEZCLA DE HIDROXIDO Y SULFURICO [RTR102] CONTENEDOR DE REACCION	1	Corrosión	Perdida de condición	Media
Eléctrica	OT-18598	Bodega de Almacenamiento CL 55 CR 46-119 Itagüí 4 Antioquia Colombia [BDG105]	1	Corto circuito	Visual	Media
Mecánica	OT-17887	BANDA TRANSPORTADORA INCLINADA CAUCHO [BAN110] TRANSPORTE DE BAUXITA	1	Desajuste	Visual	Media
Mecánica	OT-18303	MOTOBOMBA DE DESPACHO SULFATO TIPO A LIQUIDO [MTB105] IMPULSAR FLUIDO A PRESION	1	Desalineamiento	Perdida de condición	Media
Mecánica	OT-17469	MEZCLADOR AGITADOR DE SEMILLA [MZC105] MEZCLAR LA SOLUCION	1	Desbalanceo	Perdida de condición	Media
Mecánica	OT-18101	Baños administrativos 2 piso 4 [BAM101]	1	Desgaste	Perdida de condición	Media
Mecánica	OT-18624	BOMBA NEUMATICA AMORTIGUADOR [BMN107] BOMBLEAR LIQUIDO A PRESION	1	Desgaste	Perdida de condición	Media
Mecánica	OT-18966	BOMBA NEUMATICA AMORTIGUADOR [BMN107] BOMBLEAR LIQUIDO A PRESION	1	Desgaste	Perdida de condición	Media
Mecánica	OT-17005	BOMBA NEUMATICA PARA EL TANQUE RECOLECTOR [BMN109] BOMBLEAR LIQUIDO A PRESION	1	Desgaste	Perdida de condición	Media
Mecánica	OT-17899	BOMBA NEUMATICA PARA FILTRO PRENSA S15 SANDPIPER [BMN119] IMPULSAR FLUIDO A PRESION	1	Desgaste	Perdida de condición	Media
Mecánica	OT-18603	BOMBA NEUMATICA SANDPIPER S15 EXTRACCION PRODUCTO REACTORS [BMN119] IMPULSAR FLUIDO A PRESION	1	Desgaste	Perdida de condición	Media

La segunda hoja de cálculo contiene la definición de los principales modos de falla siguiendo la estructura sugerida por la norma como se definió en la **Figura 7**. Complementariamente la tercera y cuarta hoja de cálculo contienen la cuantificación a modo de porcentaje asociado a las fallas y a los activos respectivamente.

5. Análisis

Partiendo de los objetivos a cumplir en el presente proyecto; los cuales fueron desarrollados y presentados analíticamente como resultados, se generan las siguientes ideas o afirmaciones a través del análisis de los datos registrados y obtenidos para la gestión de mantenimiento de la empresa:

5.1. Análisis frente al registro y migración de la base de datos de los ítems o componentes mantenibles de la planta.

El registro de datos histórico dentro del área de mantenimiento de la empresa a pesar de que tiene un formato establecido por el sistema computarizado de gestión de mantenimiento (CMMS), para el caso el software Fractal. Este formato tiene la posibilidad de ser personalizado a los procesos puntuales y establecidos por la empresa; es decir, se puede generar una base de datos mas amplia y categorizada a la que se tiene actualmente registrada. Para ello se requiere tener en cuenta las siguientes categorías o grupo de datos establecidos por el software y presentados en la **Tabla 5**; como ejemplo para un mismo ítem o componente mantenible, en la cual se presenta la categoría, un ejemplo de registro y su característica principal, esta última es definida a partir del análisis de los resultados planteados en el presente proyecto:

Tabla 5: Categorías destacadas en el registro de datos

CATEGORÍA	EJEMPLO DE REGISTRO	CARACTERÍSTICA PRINCIPAL
Código	BAN101 (TAG para bandas, puntualmente para la banda transportadora de hidróxido)	Establecer una etiqueta o TAG (lenguaje de marcado) único y diferenciable para el activo o ítem mantenible en cuestión
Nombre	BANDA TRANSPORTADORA DE HIDROXIDO	Nombrar el activo o ítem mantenible en cuestión
Tipo	BANDA TRANSPORTADORA	Subunidad establecida dentro del séptimo nivel taxonómico
Servicio que Presta	TRANSPORTAR HIDROXIDO	Función principal del activo o ítem mantenible
Ubicado en ó es Parte de	// Sulfoquímica Antioquia/ Planta de Itagui/ Bodega Sulfato tipo A/ Proceso reacción Sulfato tipo A/	Establecer la ubicación del activo o ítem mantenible dentro de la empresa, además de ser una sección o sistema dentro del quinto nivel taxonómico
Centro de costo	PROCESO REACCIÓN DE SULFATO TIPO A (150185104)	Categorizar el activo o ítem mantenible en relación con la clasificación establecida por el área de contaduría de la empresa
Descripción	BANDA TRANSPORTADORA DE HIDROXIDO {BAN 101} TRANSPORTAR HIDROXIDO	Concatenar el nombre, el código y servicio que presta el activo o ítem mantenible

Cabe aclarar que las categorías presentadas en la **Tabla 5**, se consideran las más relevantes y con la mayor cantidad de datos registrados para el cumplimiento de los objetivos propuestos, pero se tienen dentro del “CMMS” otras categorías a desarrollar y analizar para una mejor gestión de mantenimiento, tales como fabricante, modelo, número de serial, entre otros.

Teniendo en cuenta las categorías ya definidas dentro de la base de datos, se realizó el desarrollo del registro de datos, definición de taxonomía y principales modos de falla en un formato compatible (Hoja de cálculo de Microsoft Excel, PDF) para importar dichos datos al “CMMS” de la empresa.

5.2. Análisis de la taxonomía de activos mantenibles.

Dentro del desarrollo de la jerarquización taxonómica de la empresa y enfocado a la planta de Itagui, se establece, partiendo del análisis de los resultados presentados, las siguientes afirmaciones o ideas enfocadas al registro y estandarización de los datos asociados a la taxonomía:

- Para establecer o definir un componente o ítem mantenible dentro de los niveles taxonómicos, se requiere seguir un orden lógico o ruta establecida, como anteriormente se muestra a través de la **Figura 10** y la cual se desarrolla en el archivo anexo al presente proyecto.
- Los primeros niveles taxonómicos asociados al uso y ubicación de los activos o ítems mantenibles de la planta de Itagui son estables como se muestra en la **Figura 5**.
- Los siguientes niveles taxonómicos asociados a las subdivisiones de los equipos de la planta (niveles taxonómicos 5, 6 y 7), se establecen a partir de las categorías definidas en el registro de datos, los cuales se asocian a un nivel taxonómico o proceso dentro del presente proyecto. Para el desarrollo y análisis de lo anteriormente definido se establece la **Tabla 6**, como una sugerencia o forma de vincular la taxonomía a las principales categorizas establecidas en el registro de datos:

Tabla 6: Relación entre los niveles taxonómicos y las categorías presentes en el registro de datos

NIVEL TAXONÓMICO	CATEGORIA	EJEMPLO DE RELACION ENTRE NIVEL Y CATEGORIA
5) Sección / Sistema: Bodega (PAC, sulfato tipo A, sulfato tipo B y Bauxita)	Ubicado en ó es Parte de: Bodega (PAC, sulfato tipo A, sulfato tipo B y Bauxita)	Tanque de almacenamiento ubicado en ó es parte de la bodega de bauxita
6) Unidades de equipos Unidades de (almacenamiento, acción y reacción, distribución y control)	Servicio que Presta: Se define a partir de palabras claves dentro de la categoría como lo son: Agitar, almacenar, bombear, clasificar, condensar, contener, controlar, coser, despachar, entre otros	Tanque de almacenamiento encargado de contener material
7) Subunidades: Agitadores, Bandas transportadoras, basculas, bombas, calderas, celdas, chimeneas, entre otros.	Tipo: Agitadores, Bandas transportadoras, basculas, bombas, calderas, celdas, chimeneas, entre otros.	Tanque de almacenamiento de acido sulfúrico, encargado de almacenar acido sulfúrico procesado

Finalmente, para el octavo nivel taxonómico desarrollado y establecido en el archivo anexo al presente proyecto, correspondiente a los componentes (activos o ítems mantenibles), se tiene que están relacionados directamente a los niveles anteriores a este, por ende, también comparten una relación directa a las categorías establecidas.

5.3. Análisis de la definición de los principales modos de fallas.

Dentro del desarrollo y establecimiento de los principales modos de falla de la planta de producción de Itagui, se plantean las siguientes ideas o afirmaciones, a partir del análisis de los resultados obtenidos:

- Para una estandarización en la forma de registrar los datos asociados a los principales modos de falla como lo establece la norma y mostrados en la **Figura 7**; se sugiere, a la hora de generar y las solicitudes y ordenes de trabajo, registrar datos que permitan definir de forma resumida el modo de falla asociado al activo o ítem de interés en el evento, dentro de dichos datos se tienen los siguientes: Causas de falla, método de detección de falla, severidad de la falla y fecha del evento, tal como se muestra en la **Tabla 4**.

- En la definición de los principales modos de fallas, se tienen un adjetivo calificativo para cada objeto (Componente/ Ítem mantenible) y su motivo de falla, los cuales se definen a partir del registro de la información dada por parte del personal del área de mantenimiento, en el cumplimiento de las solicitudes y ordenes de trabajo.
- En el desarrollo de los motivos de fallas, se tiene una cantidad considerable de datos relacionados a objetos hijos asociados al sistema de tuberías de la planta, pero dichos motivos de fallas se registran dentro del evento, asociados directamente al objeto padre como lo son bombas, tanques, tolvas, entre otros.

6. Conclusiones

Luego de realizar la recopilación de datos de los activos y el registro de estos en la base de datos de la planta, además de su clasificación y análisis basado en las normas desarrolladas en el presente trabajo, se pudo observar ciertos aspectos o comportamientos de los activos en los procesos de producción los cuales se consideran importantes, ya que estas pueden considerarse como motivo de estudio en el cual se tendrá como base de posibles modificaciones u optimizaciones en el proceso de producción y principalmente en la gestión de mantenimiento de la planta. Dentro de estas consideraciones se plantean las siguientes:

- Frente a la actualización de datos de los activos mantenibles de la planta se generan 30 divisiones principales asociadas a la clasificación del activo (séptimo nivel taxonómico), dentro de las cuales se generan 415 subdivisiones asociadas a la cantidad de activos clasificados respecto a las carpetas principales y que corresponden a cada uno de los activos o ítems mantenibles; como se muestra en la **Tabla 3**. Consecuentemente cada subdivisión creada contiene información del activo como lo es el manual de operación, planos de ensamble, ubicación dentro de la empresa y registro fotográfico, datos de los cuales se tiene un 70% registrados.
- En el desarrollo de la taxonomía de la planta de Itagüí, a partir del quinto nivel se registran 432 componentes (equipos o ítems mantenibles), los cuales se derivan o hacen parte de una de las 4 bodegas de la planta (quinto nivel), consecuentemente dicho componente perteneciente a una de las bodegas, que a su vez se deriva a una de las 4 unidades de equipo (sexto nivel), para finalmente clasificar el componente frente a las 30 subunidades (séptimo nivel).
- La definición de los principales modos de fallas se realizó a partir de los datos registrados durante 6 meses (tiempo de las prácticas laborales), tiempo en el cual se presentaron 52 eventos asociados a fallas de los activos de la planta, de los cuales se observa en gran medida que las fallas por causa del desgaste (28.85%) y de la contaminación (13.46 %) del material de los activos, corresponden a poco menos del 50% del total (42.31%) y por ende se consideran objetos de estudios importantes frente a la gestión de mantenimiento de la planta. Las causas de falla que le siguen al desgaste

y a la contaminación pero que tienen una menor frecuencia, se encuentran directamente relacionadas, como lo sería fatiga del material (relacionado con el desgaste) y la corrosión (relacionado con la contaminación).

7. Recomendaciones.

Teniendo como base las conclusiones planteadas a partir del análisis del presente proyecto, se presentan las siguientes sugerencias correspondientes a la gestión de mantenimiento de la empresa Sulfoquímica S.A y especialmente a la planta de Itagüí la cual fue el objeto de estudio del presente informe:

- Realizar un registro del sistema de tuberías de la planta como ítems o activos mantenibles, para ello se sugiere incluir los accesorios o partes que conforman el sistema de tuberías como lo son: válvulas, reducciones, niples, adaptadores, bridas, codos, uniones, entre otros.
- Generar una estandarización en la forma en que se realiza el registro de datos en el software Fractal para la gestión de mantenimiento de la planta, siguiendo el formato generado en el presente proyecto.
- Utilizar los archivos anexos al presente proyecto (Hoja de cálculo de Microsoft Excel: Taxonomía de activos – Planta de Itagui.xlsx, Hoja de cálculo de Microsoft Excel: Principales modos de falla de la planta de Itagui.xlsx) como base e información relevante a anexar y posteriormente alimentar en la base de datos de la empresa, para el actual caso importar dichos archivos al software Fractal.
- Proyectar los objetivos y análisis planteados para la planta de Itagüí; en el presente proyecto, a las demás plantas de la empresa.

Referencias

- [1] Sulfoquímica S.a. (s/f). Sulfoquímica.com. Recuperado el 26 de octubre de 2023, de <https://www.sulfoquimica.com/empresa.php>
- [2] Lopez, S. (2002). Norma SAE JA 1012. *Una Guía para la Norma de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC)*. https://www.academia.edu/38529540/Norma_sae_ja
- [3] *Iso-14224-2016 - Español*. (s/f). Scribd. Recuperado el 26 de octubre de 2023, de <https://es.scribd.com/document/354288332/ISO-14224-2016-ESPANOL>
- [4] Selvik, J. (2016). On use of the international standard ISO 14224 on reliability data collection in the oil and gas industry: How to consider failure causes from a human error perspective. En *Risk, Reliability and Safety: Innovating Theory and Practice* (pp. 1003–1009). CRC Press.
- [5] ACIEM [@ACIEM_Oficial]. (2022, mayo 31). *Conferencia Técnica Virtual ACIEM “Análisis de Datos para la Gestión de Mantenimiento”*. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=4wY0NogOL4k>
- [6] Orrego, J. C. (2022). *Planeación de Mantenimiento: Porque si seguimos sin saber para dónde vamos, cualquier ruta es igual*. (2nd ed.) [Digital].
- [7] International, S. (1999b). SAE JA 1011 Surface Vehicle Aerospace Standard.

Anexos

- Anexo: Taxonomía de activos - Planta de Itagui (Hoja de cálculo de Microsoft Excel).
- Anexo: Principales modos de falla de la planta de Itagui (Hoja de cálculo de Microsoft Excel).