



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

**TAXONOMÍA DE ACTIVOS FÍSICOS DEL ÁREA DE EXTRACCIÓN BASADO EN NORMA
ISO 14224:2016 PARA IMPLEMENTAR UNA ESTRATEGIA DE GESTIÓN DE ACTIVOS EN
INGENIO TRINIDAD, CORPORACIÓN SAN DIEGO**

Diego Armando Mendoza Vicente

Asesorado por el Ing. Sergio Alejandro López Rodríguez

Guatemala, febrero de 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**TAXONOMÍA DE ACTIVOS FÍSICOS DEL ÁREA DE EXTRACCIÓN BASADO EN NORMA
ISO 14224:2016 PARA IMPLEMENTAR UNA ESTRATEGIA DE GESTIÓN DE ACTIVOS EN
INGENIO TRINIDAD, CORPORACIÓN SAN DIEGO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

DIEGO ARMANDO MENDOZA VICENTE

ASESORADO POR EL ING. SERGIO ALEJANDRO LÓPEZ RODRÍGUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, FEBRERO DE 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO a.i.	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Luis Eduardo Coronado Noj
EXAMINADOR	Ing. Sergio Torres Hernández
EXAMINADOR	Ing. Welder Uliser Vargas Pérez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**TAXONOMÍA DE ACTIVOS FÍSICOS DEL ÁREA DE EXTRACCIÓN BASADO EN NORMA
ISO 14224:2016 PARA IMPLEMENTAR UNA ESTRATEGIA DE GESTIÓN
DE ACTIVOS EN INGENIO TRINIDAD, CORPORACIÓN SAN DIEGO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 14 de octubre de 2021.



Diego Armando Mendoza Vicente

Guatemala, 11 de enero de 2024

Ingeniero Gilberto Enrique Morales Baiza
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Morales:

Le saludo cordialmente, deseando éxitos en sus actividades. Tengo el agrado de dirigirme a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación elaborado por el estudiante universitario **Diego Armando Mendoza Vicente**, quien se identifica con número de carné **200512140**, perteneciente a la carrera de Ingeniería Mecánica, el cual lleva por título **“TAXONOMÍA DE ACTIVOS FÍSICOS DEL ÁREA DE EXTRACCIÓN BASADO EN NORMA ISO 14224:2016 PARA IMPLEMENTAR UNA ESTRATEGIA DE GESTIÓN DE ACTIVOS EN INGENIO TRINIDAD, CORPORACIÓN SAN DIEGO”**, asesorado por el suscrito.

Considero que el trabajo realizado por el estudiante cumple con los objetivos bajo los cuales fue planteado, por lo que procedo a aprobarlo. Por tal motivo, solicito darle el trámite correspondiente.

Sin otro particular, me suscribo de usted, con las muestras de mi consideración más distinguida,



M.A. Ing. Sergio Alejandro López Rodríguez

Asesor

Colegiado 12587

Sergio Alejandro López Rodríguez
INGENIERO MECÁNICO
COLEGIADO 12587



Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.EIM.015.2024

El Coordinador del Área Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado: **TAXONOMÍA DE ACTIVOS FÍSICOS DEL ÁREA DE EXTRACCIÓN BASADO EN NORMA ISO 14224:2016 PARA IMPLEMENTAR UNA ESTRATEGIA DE GESTIÓN DE ACTIVOS EN INGENIO TRINIDAD, CORPORACIÓN SAN DIEGO** desarrollado por el estudiante: **Diego Armando Mendoza Vicente** con Registro Académico **200512140** y CUI **2820197820101** recomienda su aprobación.

"Id y Enseñad a Todos"



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador Área Complementaria
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, enero de 2024



SIST.LNG.DIRECTOR.5.EIM.2024

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de área, al trabajo de graduación titulado: **TAXONOMÍA DE ACTIVOS FÍSICOS DEL ÁREA DE EXTRACCIÓN BASADO EN NORMA ISO 14224:2016 PARA IMPLEMENTAR UNA ESTRATEGIA DE GESTIÓN DE ACTIVOS EN INGENIO TRINIDAD, CORPORACIÓN SAN DIEGO**, presentado por: **Diego Armando Mendoza Vicente**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

A la izquierda, una firma manuscrita en tinta que parece ser "G. Morales Baiza". A la derecha, un sello circular con el texto "UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA" y "FACULTAD DE INGENIERIA" alrededor de un centro con una estrella.

Ingeniero Gilberto Enrique Morales Baiza
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, febrero de 2024



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad de Ingeniería

24189101- 24189102

LNG.DECANATO.OIE.132.2024

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **TAXONOMÍA DE ACTIVOS FÍSICOS DEL ÁREA DE EXTRACCIÓN BASADO EN NORMA ISO 14224:2016 PARA IMPLEMENTAR UNA ESTRATEGIA DE GESTIÓN DE ACTIVOS EN INGENIO TRINIDAD, CORPORACIÓN SAN DIEGO**, presentado por: **Diego Armando Mendoza Vicente** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Firmado electrónicamente por: José Francisco Gómez Rivera
Motivo: Orden de impresión
Fecha: 01/03/2024 18:04:20
Lugar: Facultad de Ingeniería, USAC.

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Decano a.i.



Guatemala, febrero de 2024

Para verificar validez de documento ingrese a <https://www.ingenieria.usac.edu.gt/firma-electronica/consultar-documento>

Tipo de documento: Correlativo para orden de impresión Año: 2024 Correlativo: 132 CUI: 2820197820101

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, - Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS). Postgrado Maestría en Sistemas Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas. Licenciatura en Matemática. Licenciatura en Física. Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM). Guatemala, Ciudad

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por regalarme y bendecirme cada día de mi vida y por guiar mis pasos en el cumplimiento de mis metas y sueños.

Mi madre

María Vicente Agustín, por el amor, la comprensión, el ejemplo, el apoyo y los sacrificios incomparables que ha realizado en todo momento y que me han motivado para alcanzar mis metas, buscando siempre la excelencia y prudencia en mis acciones.

Mi padre

Diego Mendoza García, por enseñarme que la perseverancia y la integridad son fuentes de éxito. Sus enseñanzas han sido fundamentales en el desarrollo de mi vida profesional.

Mi hermana

María Marcelina Mendoza Vicente, que a pesar de la distancia siempre he estado en tu corazón y pensamientos. Tu cariño fraternal y consejos profesionales me han permitido afrontar la mayoría de las situaciones adversas que he enfrentado.

Mi hermano	Daniel René Mendoza Vicente, por la motivación, el apoyo y estar siempre cuando más lo necesitaba.
Mi hermano	Juan Manuel Mendoza Vicente, un hermoso regalo que Dios me dio, por su cariño y motivación.
Mis sobrinos	Milly, Valeria, Carlos y Sarah Tumax Mendoza, por las alegrías brindadas e inspirarme a ser su ejemplo.
Mis abuelos	Juan Vicente, María Agustín (q. e. p. d.), Juan Mendoza y Francisca García. Por su cariño y enorme ejemplo de vida
Mi esposa	Ivis Gabriela Hinestroza Quintana. Por ser mi compañía perfecta, por su paciencia y amor incondicional en todo momento. Gracias por todo tu cariño y por ser mi apoyo al acompañarme en este camino. Por apoyarme en cada una de mis decisiones, por siempre alentarme y no dejar rendirme nunca.
Mis suegros	Por recibirme en su casa y brindarme su cariño, hacerme sentir cómodo lejos de casa. En especial agradecimiento a Cesar Hinestroza (q. e. p. d.) e Ivis Quintana.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la casa de estudio que me brindó los conocimientos para formarme académicamente.
Facultad de Ingeniería	Gracias por formarme en mi carrera profesional. En especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica.
Ingenio San Diego	Por abrirme sus puertas y permitirme aprender. Por haberme dado la oportunidad de realizar el presente trabajo.
Ing. Fernando Morales	Por la confianza depositada en mi persona. Por su apoyo y orientación para el logro de mi desarrollo profesional.
Mi asesor	M. A. Ing. Sergio López, por todo tu apoyo, amistad, tus consejos, por compartir tus conocimientos de manera desinteresada y guiarme en mi etapa final de la carrera.
Mis amigos	Por siempre permanecer juntos a pesar de las adversidades y apoyarnos en todo momento; especialmente a Juan Francisco López, David Pérez, Nelly Aguilar, Pavel Roulet y Miguel Vásquez.

Amigos de San Diego

Lic. Kevin Castillo, Ing. Rodrigo Morales, Ing. Braulio Malchic, Ing. Marvin Estrada, Ing. Melvin Axpuc, Licda. Melissa Morales, Ing. Josué Santiz, Ing. Cristian Morataya, Lic. Luis Díaz, Lic. Oscar García, Ing. Aníbal Arroyo, Licda. Sandra Jolón, Inga. Victoria Alvarado Ing. David Pérez, Erick Villalta, Rudy Castillo, Urvin Solomán, Eddy Diaz, Oswaldo Chete, William de León, Lic. Juan Flores, Jesús Tzian, Norma Hernández, Andrés Rodríguez, Manolo Santillana y Jacobo García, por su apoyo, enseñanzas y consejos.

Mis amigas y amigos de la universidad

Miguel Zacarías, David Oseida, Luis Tello, Jhonatan Pú, Mynor Marcos, Edy Mendez, Eddy Alfonso, Cecilia Castillo, Olga Raxón, Silvia Cristal, Daniel Corado. Por brindarme su amistad.

A aquellos que no han sido mencionados expresamente, deseo extender mi más sincero agradecimiento. Aunque permanezcan anónimos en el trabajo no lo son, su valor y apoyo son profundamente apreciados por mí. Su influencia ha sido invaluable, más allá de lo que puedan imaginar.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	1
1.1. Identificación de la empresa	1
1.1.1. Reseña histórica	1
1.1.2. Visión	3
1.1.3. Misión	3
1.1.4. Valores	4
1.1.5. Localización	5
1.1.6. Estructura organizacional	6
1.1.7. Proceso completo de producción de azúcar	9
2. SITUACIÓN ACTUAL DEL ÁREA DE EXTRACCIÓN.....	19
2.1. Diagrama de flujo del proceso	22
2.2. Distribución de planta	25
2.3. Inventario de equipos	27
2.4. Gestión del mantenimiento	30
2.5. Estructura actual de la clasificación de equipos	46
2.5.1. Codificación por centro de costo.....	47
2.5.2. Codificación por familia de equipos	50

2.5.3.	Estructura jerárquica de los equipos	56
3.	CONCEPTOS DE LA GESTIÓN DE ACTIVOS Y LA NORMA ISO 14224	65
3.1.	Definición de gestión de activos.....	66
3.2.	Gestión de activos y la filosofía del RCM	69
3.3.	Gestión de activos según la norma ISO 55000	71
3.4.	Taxonomía de los activos físicos	74
3.4.1.	Definición de sistema	78
3.4.2.	Definición de equipo	79
3.4.3.	Definición de subsistema o subunidad	79
3.4.4.	Definición de ítem mantenible o componente.....	79
3.4.5.	Definición de parte o pieza.....	80
3.5.	Beneficios de la información confiable en mantenimiento.....	80
3.6.	Norma ISO 14224:2016	81
3.7.	Calidad de datos	82
3.7.1.	Medidas de planificación	83
3.7.2.	Verificación de calidad	85
3.7.3.	Limitaciones y problemas	86
3.7.4.	Fuentes de datos.....	87
3.7.5.	Métodos de recolección de datos.....	88
3.8.	Límites del equipo	89
3.9.	Taxonomía	91
3.10.	Datos recomendados para equipos.....	95
3.10.1.	Categoría de datos.....	95
3.10.2.	Formato de datos	96
3.10.3.	Estructura de base de datos.....	97
3.10.4.	Datos de equipos	98

4.	CONCEPTOS DE LOS EQUIPOS DEL ÁREA DE EXTRACCIÓN	101
4.1.	Molinos convencionales.....	102
4.2.	Virgen	104
4.3.	Mazas de los molinos	106
4.4.	Cojinete deslizante de bronce	110
4.5.	Cuchillas y peines.....	111
4.6.	Accionamientos para molinos.....	114
4.7.	Transmisiones de los molinos	117
4.7.1.	Reductores de velocidad	119
4.7.2.	Acople flexible.....	121
4.8.	Tolvas de alimentación Donnelly	122
4.9.	Conductor intermedio de cadena y duela	124
4.10.	Sistema de bombeo para imbibición.....	126
4.11.	Sistema de bombeo para maceración	128
4.12.	Sistema de bombeo de jugo hacía manejo de jugo.....	129
5.	PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA TAXONOMÍA DE LOS ACTIVOS FÍSICOS EN EL ÁREA DE EXTRACCIÓN	131
5.1.	Selección de activos para aplicar metodología taxonómica ..	131
5.2.	Estructura jerárquica de taxonomía según la norma ISO 14224:2016.....	132
5.2.1.	Estructura de codificación de equipos	137
5.2.2.	Clasificación de la categoría de industria	142
5.2.3.	Clasificación de la categoría del negocio.....	143
5.2.4.	Clasificación de la categoría de instalación	144
5.2.5.	Clasificación de la categoría de planta	145
5.2.6.	Clasificación de sistema	147
5.2.7.	Clasificación de equipo.....	148
5.2.8.	Clasificación de subunidad	150

5.2.9.	Clasificación de ítem mantenible	152
5.2.10.	Clasificación de pieza.....	155
5.2.11.	Diagrama de jerarquía de los activos	157
5.3.	Clasificación de equipos y aplicación taxonómica.....	159
5.3.1.	Aplicación de la taxonomía al molino 1	160
5.3.2.	Subdivisión de un componente del molino 1 niveles jerárquicos 8 y 9	163
5.3.3.	Aplicación de la taxonomía al conductor intermedio 1.....	166
5.3.4.	Subdivisión de un componente del conductor intermedio 1 niveles jerárquicos 8 y 9	168
CONCLUSIONES.....		171
RECOMENDACIONES		173
REFERENCIAS		175

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1.	Ubicación de planta Ingenio Trinidad.....	6
Figura 2.	Organigrama de la empresa San Diego.....	7
Figura 3.	Procedimiento para la gestión del recurso humano.....	8
Figura 4.	Diagrama de flujo del proceso de elaboración de azúcar	17
Figura 5.	Procedimiento para la gestión del recurso humano.....	22
Figura 6.	Diagrama de flujo del proceso de extracción.	23
Figura 7.	Diagrama de flujo de los cinco molinos con imbibición compuesta	25
Figura 8.	Diagrama de planta de la distribución y el espaciamiento de las instalaciones y equipos en el área de extracción.....	26
Figura 9.	Mantenimiento mecánico de centrífugas	36
Figura 10.	Mantenimiento de instrumentos de medición.....	37
Figura 11.	Mantenimiento de válvulas automáticas de mariposa para calentadores.	38
Figura 12.	Mantenimiento eléctrico de motores	39
Figura 13.	Alineación láser de ejes	41
Figura 14.	Montaje y ajuste de los componentes del molino 3	44
Figura 15.	Montaje y armado de los componentes del molino 1	45
Figura 16.	Montaje y armado de componentes del conductor intermedio 2..	46
Figura 17.	Estructura del código para el centro de costo.....	49
Figura 18.	Estructura del código de un equipo	52
Figura 19.	Estructura jerárquica de los equipos.....	57
Figura 20.	Ejemplo de diagrama de límites (bomba)	90

Figura 21.	Clasificación de la taxonomía con niveles taxonómicos	92
Figura 22.	Ejemplos de taxonomía	94
Figura 23.	Ejemplo de la estructura lógica de datos.....	98
Figura 24.	Molino 1 con cuatro mazas instaladas, tándem B	103
Figura 25.	Virgen lado derecho molino 2 tándem B.....	105
Figura 26.	Virgen lado izquierdo molino 2 tándem B	106
Figura 27.	Maza superior molinos tándem B	109
Figura 28.	Cojinete deslizante de bronce instalado en chumacera	111
Figura 29.	Cuchilla central del molino 2 instalada en el puente o soporte ...	113
Figura 30.	Peine bagacero y superior molino 1 tándem B con desgaste de operación.....	114
Figura 31.	Motor eléctrico de inducción de CA para movimiento de la maza superior molino 1	117
Figura 32.	Reductor planetario de la maza superior molino 1 tándem B	120
Figura 33.	Acople flexible para las mazas superiores de molinos tándem B	122
Figura 34.	Tolva de alimentación Donnelly para molinos tándem B	123
Figura 35.	Cadena armada con duelas para conductores intermedios, molinos tándem B.....	125
Figura 36.	Conductor intermedio 1, molinos tándem B.....	125
Figura 37.	Bombas centrífugas para imbibición.....	127
Figura 38.	Bombas Pullstar para manejo de fluidos con sólidos	129
Figura 39.	Bombas centrífugas.....	130
Figura 40.	Taxonomía de los activos físicos en relación con la estructura jerárquica norma ISO 14224:2016.....	133
Figura 41.	Codificación de activos físicos mediante un código único	139
Figura 42.	Ejemplo de un código único para un activo físico del área de extracción	140
Figura 43.	Diagrama de jerarquización de activos con 9 niveles.....	158

Figura 44.	Jerarquía de sistemas y equipos con niveles del 1 al 8.....	159
Figura 45.	Taxonomía aplicada al molino 1 con niveles del 6 al 8. Equipo, sistemas y componentes	161
Figura 46.	Taxonomía aplicada a un componente del molino 1 con niveles del 7 al 9.	164
Figura 47.	Taxonomía aplicada al conductor Intermedio 1 con niveles del 6 al 8.	166
Figura 48.	Taxonomía aplicada a un componente del conductor intermedio 1 con niveles del 7 al 9.....	168

TABLAS

Tabla 1.	Valores San Diego	5
Tabla 2.	Extracto del inventario de equipos del molino 1 en el área de extracción.	28
Tabla 3.	Ejemplos de centros de costo	50
Tabla 4.	Ejemplos de ID o tipos de categorías	52
Tabla 5.	Familias a las que un equipo puede pertenecer.	53
Tabla 6.	Ejemplos de códigos utilizados para la identificación de los equipos del área de extracción.	54
Tabla 7.	Jerarquización actual de los equipos de extracción.....	59
Tabla 8.	Retos y recomendaciones de la obtención de los datos de calidad	86
Tabla 9.	Función de cada maza en el molino	107
Tabla 10.	Dimensiones del rayado de mazas.....	109
Tabla 11.	Taxonomía con niveles aplicados a los activos físicos de San Diego	134
Tabla 12.	Descripción del ejemplo de codificación de un activo físico del área de extracción	141

Tabla 13.	Nivel jerárquico 1 – industria	142
Tabla 14.	Codificación nivel 1 - industria.....	143
Tabla 15.	Nivel jerárquico 2 - categoría del negocio	144
Tabla 16.	Codificación nivel 2 - categoría del negocio	144
Tabla 17.	Nivel jerárquico 3 - categoría de instalación.....	145
Tabla 18.	Codificación nivel 3 - categoría de instalación.....	145
Tabla 19.	Nivel jerárquico 4 - categoría de planta.....	146
Tabla 20.	Codificación nivel 4 - categoría de planta.....	146
Tabla 21.	Nivel jerárquico 5 - categoría de sección o sistema	147
Tabla 22.	Codificación nivel 5 - categoría de sección o sistema	148
Tabla 23.	Nivel jerárquico 6 - categoría de equipo	149
Tabla 24.	Codificación nivel 6 - categoría de equipo.....	149
Tabla 25.	Nivel jerárquico 7 - categoría de subunidad	151
Tabla 26.	Codificación nivel 7 - categoría de subunidad	151
Tabla 27.	Nivel jerárquico 8 - categoría de componente o ítem mantenible	153
Tabla 28.	Codificación nivel 8 - categoría de componente o ítem mantenible.....	154
Tabla 29.	Nivel jerárquico 9 - categoría de pieza o parte	155
Tabla 30.	Codificación nivel 9 - categoría de pieza o parte	156
Tabla 31.	Codificación de los niveles 7 y 8 de la taxonomía aplicada al molino 1.....	161
Tabla 32.	Codificación de los niveles 7 y 8 de la taxonomía	165
Tabla 33.	Codificación de los niveles 7 y 8 de la taxonomía	167
Tabla 34.	Codificación de los niveles 7 y 8 de la taxonomía.	169

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
%p/p	Concentración en porcentaje de peso
gpm	Galones por minuto
°C	Grados Celsius
Hp	<i>Horsepower</i> o caballo de fuerza
kW	Kilovatio
kWh	Kilovatio hora
psi	Libra por pulgada cuadrada
RCM	Mantenimiento centrado en la confiabilidad
MWh	Megavatio hora
mm	Milímetros
rpm	Revoluciones por minuto
TB	Tándem B
ton	Tonelada

GLOSARIO

Activo	Objeto o entidad que posee un valor real o potencial para una organización. El valor puede ser tangible o intangible, de naturaleza financiera o no financiera, y se extiende a la consideración de riesgos y obligaciones asociadas.
Activo físico	Cualquier elemento que representa un valor real o potencial para una organización. Este valor se manifiesta de manera tangible y generalmente se refiere a equipamiento, inventario e inmuebles de la organización.
Azúcar	Término referente a la sacarosa, un disacárido, y a los productos derivados de la industria azucarera, los cuales se componen principalmente de sacarosa.
Bagacillo	Fracción más fina del bagazo, obtenida a través de procesos de tamizado o separación neumática. Comúnmente empleado como agente auxiliar en procesos de filtración.
Bagazo	Residuo fibroso y celulósico que resulta tras el proceso de extracción del jugo de la caña de azúcar en el molino.

Brix	Medida de los sólidos disueltos en sustancias como azúcar, jugo, licor o jarabe, y se determina a través de un refractómetro. Para soluciones que contienen exclusivamente agua y azúcar, el grado Brix representa directamente el porcentaje en masa de azúcar en la solución.
BSI	Institución Británica de Normas.
Cabezote	Componente mecánico compuesto por un cilindro y un pistón hidráulico, diseñado para aplicar presión sobre la maza superior.
Chumacera	Componente mecánico conformado por una caja o alojamiento de robusta construcción y un cojinete de fricción.
Confiabilidad	Capacidad de un ítem para realizar una función específica de manera consistente y sin fallos, en condiciones específicas a lo largo de un período determinado.
Cuchilla central	Es una pieza sólida fabricada de hierro fundido, su función principal es conducir el bagazo entre mazas para su compresión y extracción de jugo.
Desfibradora	Equipo mecánico rotativo que incorpora un rotor provisto de soportes y martillos basculantes. Su

diseño permite una acción de desfibrado eficiente y la obtención de fibras más finas.

Equipo padre	Equipo compuesto por un conjunto de subsistemas, componentes y piezas interdependientes que operan en sinergia para ejecutar una función específica dentro del proceso de producción.
Extracción	Proceso fundamental dirigido a la separación del jugo con alto contenido de sacarosa del resto de la caña de azúcar, logrado mediante un tándem de molinos.
Gestión de activos	Actividad coordinada de una organización destinada a obtener valor a partir de sus activos.
Gestión de los activos físicos	Conjunto coordinado de actividades de una organización dirigidas a optimizar y crear valor a partir de sus activos físicos o tangibles.
Gestión del mantenimiento	Conjunto de actividades de gestión que comprenden la definición de requisitos, objetivos, estrategias y responsabilidades relacionadas con el mantenimiento, así como su implementación a través de la planificación, control y mejora de las actividades de mantenimiento, además de considerar aspectos económicos asociados.

Imbibición	Procedimiento que implica la adición de agua a una temperatura específica al bagazo proveniente del penúltimo molino con el fin de potenciar la eficiencia en el proceso de extracción.
ISO	Organización Internacional de Normalización.
Ítem mantenible	Elemento que constituye una parte o un conjunto de piezas que típicamente se ubican en el nivel más bajo de la jerarquía de equipos durante el mantenimiento.
Maceración	Proceso que involucra la aplicación de jugo proveniente de un molino posterior al bagazo resultante del molino precedente, con el propósito de mejorar el rendimiento en la extracción. Es importante señalar que el término preciso para este procedimiento es imbibición compuesta.
Mantenimiento	Conjunto integral de acciones técnicas, administrativas y de gestión ejecutadas a lo largo del ciclo de vida de un elemento, con el propósito de preservar su integridad o restaurarlo a un estado óptimo que permita cumplir con su función deseada.
Maza	Elemento mecánico constituido por un eje de acero sobre el cual se ajusta, mediante contracción térmica, un casco de hierro fundido con ranuras diseñadas específicamente para comprimir el bagazo y facilitar la extracción del jugo de la caña de azúcar.

Molino	Equipo mecánico utilizado para la extracción del jugo contenido en la caña de azúcar, típicamente consta de un conjunto de cuatro mazas.
Peine	Elemento mecánico instalado en la salida del molino, se emplea con el propósito de desalojar el bagazo adherido a las mazas superior y bagacera. Normalmente fabricado de hierro fundido, y diseñado con una serie de dientes.
Picadora	Equipo mecánico rotativo que integra un rotor equipado con soportes específicos para cuchillas. Su función principal radica en cortar la caña en porciones más manejables y diminutas.
Redundancia	Presencia de múltiples medios o métodos alternativos que permiten la ejecución de una función específica en un ítem.
Sacarosa	Compuesto químico puro y cristalino ampliamente reconocido como azúcar blanco.
Tándem	Disposición o configuración específica de un conjunto de molinos que están instalados en serie y que funcionan de manera coordinada para lograr una extracción eficiente del jugo.
Taxonomía	Clasificación ordenada y estructurada de ítems en categorías genéricas, fundamentada en la

identificación de características comunes entre varios elementos.

Virgen

Estructura robusta, típicamente elaborada con acero fundido, diseñada específicamente para soportar las cuatro mazas que componen un molino.

Zafra

Período de tiempo específico durante el año destinado a la cosecha, procesamiento y molienda de la caña de azúcar con el fin de la producción de azúcar.

RESUMEN

Este trabajo de graduación se sumerge en la gestión de activos físicos en el Ingenio Trinidad, perteneciente a la Corporación San Diego, con un enfoque particular en el área de Extracción. La necesidad imperativa de optimizar la gestión de activos surge como respuesta a la importancia crítica de mantener altos niveles de productividad y reducir paradas no programadas. Ante este desafío, la propuesta central es la formulación de una taxonomía de activos físicos, fundamentada en la norma ISO 14224:2016, con el propósito general de implementar una estrategia de gestión de activos.

Se destaca la evolución del mantenimiento en el contexto industrial moderno, al resaltar el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) como un componente esencial para la competitividad global. Se enfatiza la necesidad de una estrategia de gestión de activos que abarque todo el ciclo de vida de los activos, lo que asegura su sostenibilidad y eficiencia a lo largo del tiempo.

El enfoque de la implementación de la taxonomía se centra específicamente en el área de Extracción del Ingenio Trinidad, donde el aumento en la producción ha resultado en un incremento significativo en la cantidad y diversidad de activos físicos. La taxonomía, basada en la norma ISO 14224, se presenta como un enfoque sistemático para la clasificación jerárquica de los equipos, con la finalidad de mejorar la identificación de actividades preventivas, la definición de recursos y la disponibilidad de los equipos.

Los objetivos de la investigación, tanto generales como específicos, delinean la dirección del trabajo, desde la identificación de componentes y el

funcionamiento de los equipos hasta el diseño de una jerarquización y codificación lógica basada en la norma ISO 14224.

La metodología adoptada sigue un enfoque metódico y sistemático, incluye la recopilación de información, el análisis de la norma ISO 14224, el reconocimiento físico de los equipos, la obtención de información de manuales y fichas técnicas, la definición de activos a utilizar, la categorización jerárquica y la codificación de activos. Este proceso se ilustra con un recorrido inicial en el área de molinos para identificar sistemas, subsistemas y componentes.

La estructura jerárquica desarrollada mediante la taxonomía ofrece una organización precisa de los datos, fomenta la mejora de la eficiencia operativa y proporciona una visión clara de las relaciones de dependencia entre los equipos, lo que facilita la planificación y ejecución de actividades de mantenimiento. Este enfoque permite una operación más fluida y respalda una toma de decisiones informada.

OBJETIVOS

General

Diseñar la taxonomía de los activos físicos del área de Extracción basado en la norma ISO 14224:2016 para la implementación de una estrategia de gestión de activos en el Ingenio Trinidad, Corporación San Diego.

Específicos

1. Identificar los componentes y el funcionamiento de los diferentes equipos del área de Extracción.
2. Describir los conceptos fundamentales de la taxonomía de activos físicos según la norma ISO 14224.
3. Seleccionar los activos físicos del área de Extracción a los que se aplicará la taxonomía.
4. Desarrollar una jerarquización de los activos en los niveles relacionados al equipo con la subdivisión en niveles inferiores correspondientes.
5. Generar una codificación que contemple lógicamente la relación entre niveles generando valor agregado de información sobre los componentes del activo.

INTRODUCCIÓN

En la sociedad moderna, la eficiencia operativa se sustenta en la gestión efectiva de los activos, una estrategia esencial enfocada en el aprovechamiento óptimo de los recursos de la empresa para garantizar la provisión continua de productos y servicios. El enfoque integral de la gestión de activos radica en optimizar la efectividad de los activos a lo largo de su ciclo de vida, disminuir las probabilidades de fallos, mitigar pérdidas y maximizar las ganancias.

Para una empresa como San Diego S.A. que busca alcanzar estándares internacionales de desempeño en mercados altamente competitivos, la gestión de activos se convierte en un catalizador estratégico. Al integrar todas las áreas de la empresa, esta disciplina ofrece una nueva perspectiva para alcanzar objetivos estratégicos, asegurando que cada unidad reconozca su papel y responsabilidad en la creación de valor mediante los activos de la organización.

En el primer capítulo, se proporciona una perspectiva integral de la empresa, que incluye una breve descripción de la identificación de la empresa, una reseña histórica que contextualiza su evolución, una explícita exposición de su visión, misión y valores fundamentales. Además, se brinda una orientación sobre la ubicación geográfica y se presenta en detalle la estructura organizacional, que brindan una comprensión profunda de cómo está conformada la empresa. También, se aborda brevemente la descripción del proceso de elaboración del azúcar a partir de la caña de azúcar, con una perspectiva general de cada etapa. Este capítulo sienta las bases para comprender el entorno donde se implementará la estrategia de gestión de activos.

El segundo capítulo aborda la situación actual del área de extracción, al proporcionar un detallado análisis del proceso mediante un diagrama de flujo, la distribución de planta, el inventario de equipos, la gestión del mantenimiento y la estructura actual de la clasificación de equipos.

El tercer capítulo introduce los conceptos clave de la gestión de activos y la norma ISO 14224. Se define la gestión de activos, el Modelo de RCM (mantenimiento centrado en confiabilidad), la norma UNE-ISO 55001 y se profundizará en la taxonomía de activos físicos. Este sirve como cimiento teórico esencial para entender cómo estas disciplinas se entrelazan y se aplican en el contexto específico de Ingenio Trinidad, Corporación San Diego. Se aborda la calidad de datos, su importancia en el mantenimiento y los desafíos asociados, se examinan los beneficios, limitaciones y medidas de calidad de datos esenciales para la implementación de la estrategia.

El cuarto capítulo se adentra en los conceptos particulares de los equipos del área de extracción. Desde molinos convencionales hasta sistemas de bombeo para diferentes procesos, se examina cada componente clave. Con el análisis detallado de los equipos, se proporciona una comprensión exhaustiva de la complejidad de la maquinaria involucrada en el proceso de extracción. Este conocimiento es esencial para identificar los activos relevantes que serán objeto de la propuesta de implementación de la taxonomía.

Finalmente, en el quinto capítulo se detalla la propuesta de implementación de la taxonomía de activos en el área de extracción. Al comenzar la selección de los activos adecuados para aplicar la metodología taxonómica, se considera su relevancia estratégica y operativa. A continuación, se establece la estructura jerárquica de la taxonomía, alineada a las directrices de la norma ISO 14224:2016. Se detalla la aplicación práctica de la taxonomía en equipos clave

del área de extracción, como molinos y sistemas de bombeo. A través de ejemplos específicos, se verá ilustrado cómo esta metodología puede optimizar la supervisión, el control y la preservación de los activos físicos a lo largo de su ciclo de vida.

Este estudio presenta un modelo de taxonomía para la organización jerárquica y clasificación, basado en la norma ISO 14224:2016, y aborda aspectos sobre su aplicación en los activos físicos del área de extracción en el Ingenio Trinidad, Corporación San Diego. Esto se considera una característica esencial para la implementación de la gestión de activos.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1. Identificación de la empresa

San Diego – Ingenio Trinidad es una empresa privada y rentable, establecida en el municipio de Masagua, en el departamento de Escuintla. Su principal actividad consiste en la producción de azúcar de alta calidad, al seguir rigurosamente los estándares y normativas tanto nacionales como internacionales. La empresa se compromete a aplicar prácticas que aseguren la excelencia en sus productos derivados de la caña de azúcar, los cuales incluyen el azúcar blanco Estándar A, el azúcar blanco Estándar B, el azúcar Crudo y la Melaza, con el objetivo de satisfacer las demandas del mercado y mantener la competitividad en la industria (Corporación San Diego, 2023).

Para comprender mejor cómo y dónde realizar cambios, primero se debe conocer la información general de la empresa, así como los preceptos bajo los que se rige.

1.1.1. Reseña histórica

San Diego S.A. es una empresa líder, especializada en la producción de azúcar y energía con sede en Guatemala. Con más de 130 años de operación y experiencia en el sector, se ha establecido como referente en la industria. La fusión de ingenio Trinidad e ingenio San Diego, y posteriormente la conformación de Corporación San Diego se divide en tres etapas importantes para su crecimiento y consolidación empresarial.

La primera etapa inicia con la historia de ingenio San Diego, y se remonta al año 1887 cuando los empresarios Otto Bleuler y Sophus Koch compran la finca San Diego e inician la producción artesanal de azúcar en pilón, y a partir de 1901 la producción de azúcar centrifugada. En 1943, la familia Vila Betoret adquirió esta finca; en esa época se producían 7,500 quintales de azúcar anualmente.

A partir de 1958, la administración de ingenio San Diego la asume don Fraterno Vila Betoret, quien incansablemente ha impulsado el crecimiento de la organización. El primer reto que se fijó fue la construcción de un nuevo ingenio, más grande y moderno, meta alcanzada en 1965. Ese año, el nuevo ingenio inició operaciones con una molienda de 800 toneladas diarias de caña que produjeron 1,500 quintales diarios de azúcar. En la zafra 1965-66 se produjeron 70,936 quintales y un año después, en la temporada 1966-67 se produjo 126,871 quintales de azúcar.

La segunda etapa fue en el año 1974, donde se incorporó a la administración de ingenio San Diego una nueva generación de directores, quienes impulsaron con entusiasmo nuevos proyectos. Uno de los más importantes fue la adquisición del ingenio Trinidad, en 1987, con el objetivo de aumentar el área de producción de azúcar de caña. En la primera zafra de ingenio Trinidad, del año 1988-89, se produjeron 22,086 quintales de azúcar.

En el año 2003 se inició el trabajo de implementación de la norma ISO 9001, en Ingenio San Diego. En 2005 se obtuvo la certificación con ICONTEC con el alcance de Producción y Comercialización de azúcar.

En la tercera etapa ambos ingenios conformaron la Corporación San Diego en el 2010 y producían durante la zafra anual 2.5 millones de quintales de azúcar. Ese mismo año, cierra ingenio San Diego de acuerdo con la estrategia

corporativa y se centralizaron las operaciones en Ingenio Trinidad, donde se realizó la implementación del sistema de calidad ISO 9001. Gracias al trabajo honesto y responsable, a la dedicación diaria, al cuidado de los recursos, a la estrecha unidad familiar y al empeño de sus colaboradores se han alcanzado importantes metas en pocos años. A la fecha, ambos ingenios conforman la Corporación San Diego produciendo durante la zafra anual más de 5.5 millones de quintales de azúcar.

La principal actividad de San Diego es la producción y comercialización de azúcar de caña en el mercado nacional e internacional. También incluye la venta de melaza y durante los últimos años, los proyectos de cogeneración de energía eléctrica ocupan un lugar prioritario dentro de los planes de expansión de la corporación (Corporación San Diego, 2023).

1.1.2. Visión

Alcanzar los más altos estándares internacionales de competitividad y sostenibilidad en la producción de azúcar y en la generación de bioenergía (Corporación San Diego, 2023).

1.1.3. Misión

Comprometidos con un conjunto de valores, generamos bienestar y desarrollo transformando la caña de azúcar en productos agroindustriales y bioenergía, de manera sostenible (Corporación San Diego, 2023).

1.1.4. Valores

Los valores son el conjunto de principios éticos y profesionales que orientan las acciones y actitudes de la empresa. Es decir, son una parte esencial de su identidad. La ética es el conjunto de principios y normas morales que guían la buena conducta de las personas.

En San Diego, ser ético es comportarse de forma responsable, respetuosa y honesta. Es trabajar con entusiasmo, colaborar con los compañeros, formar equipo; es buscar la unidad y la mejora continua de nuestra organización, con una visión de sostenibilidad y crecimiento para nuestro desarrollo laboral, personal, familiar y comunitario.

En San Diego los valores y principios se encuentran contenidos en el código de ética denominado VIRTUS. “Este es un documento que resume el modelo de conducta que San Diego espera de todos sus miembros, desde la Junta Directiva hasta los colaboradores de todos los niveles y áreas de la organización. Además, se extiende el cumplimiento a los proveedores y visitantes (Corporación San Diego, 2023).

En el VIRTUS se han establecido cinco valores prioritarios para su actividad. A continuación, se presenta una tabla que contiene enumerados los valores y se detalla qué virtudes y principios contiene cada uno:

Tabla 1.

Valores San Diego

1) Integridad	• Humildad • Honestidad y honradez • Responsabilidad
2) Respeto	• Respeto a uno mismo • Respeto a los demás • Respeto a las normas de la empresa
3) Trabajo	• Disciplina • Mejora continua • Compromiso
4) Unidad	• Unidad familiar • Unidad de equipo • Unidad de empresa
5) Sostenibilidad	• Sostenibilidad económica • Sostenibilidad social • Sostenibilidad ambiental

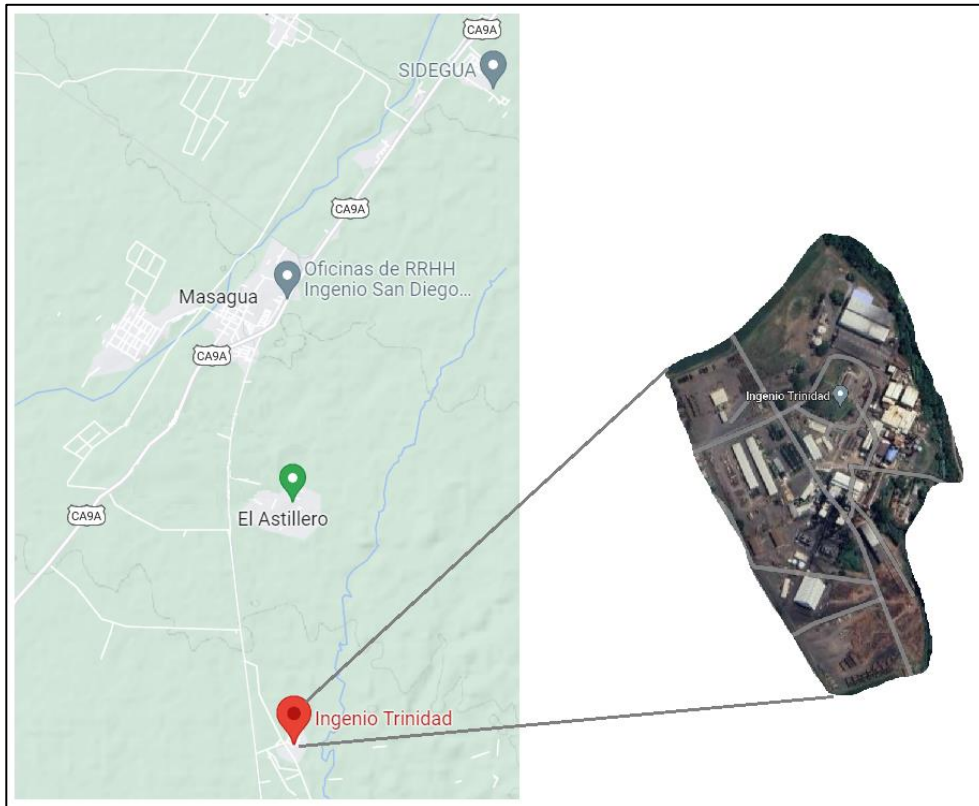
Nota. Valores Virtus de Grupo San Diego. Obtenido de Corporación San Diego (2023). *Valores de Grupo San Diego*. (<https://www.sandiego.com.gt/codigo-de-etica/>), consultado el 04 de septiembre de 2023. Dominio público.

1.1.5. Localización

La planta industrial de producción de azúcar y generación de energía eléctrica de San Diego – ingenio Trinidad, se encuentra ubicada en el km 70.5 de la Antigua Carretera a Puerto de San José, Masagua, Escuintla. La ubicación del ingenio Trinidad se muestra en la figura 1 mediante una representación gráfica.

Figura 1.

Ubicación de planta Ingenio Trinidad



Nota. Ubicación de planta de Ingenio Trinidad. Elaboración propia realizada con Paint 3D.

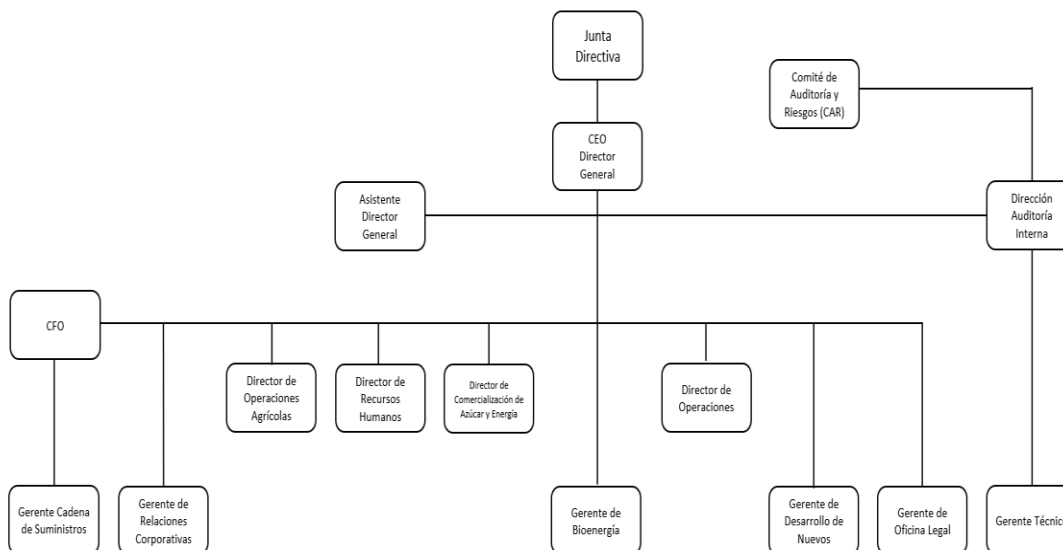
1.1.6. Estructura organizacional

Cada empresa posee una estructura o una forma de organización diseñada de acuerdo con sus necesidades específicas, con el propósito de coordinar de manera eficiente las actividades, los procesos y su funcionamiento integral. Una adecuada estructura mejora la operación y productividad a través del orden, control y coordinación.

La organización en San Diego está diseñada de tal modo que facilita el flujo de información vertical y horizontal necesario para alcanzar sus objetivos organizacionales. En la figura 2, se muestra como está actualmente la estructura general de San Diego – ingenio Trinidad, los cargos y las líneas oficiales de comunicación promueven la interacción y las responsabilidades. Los gerentes crean vínculos de información para facilitar la comunicación y coordinación entre las diferentes áreas. Los vínculos verticales se utilizan para coordinar las actividades entre los niveles altos y bajos de la organización, diseñados principalmente para el control.

Figura 2.

Organigrama de la empresa San Diego



Nota. Organigrama de la empresa San Diego. Elaboración propia, realizado con Excel.

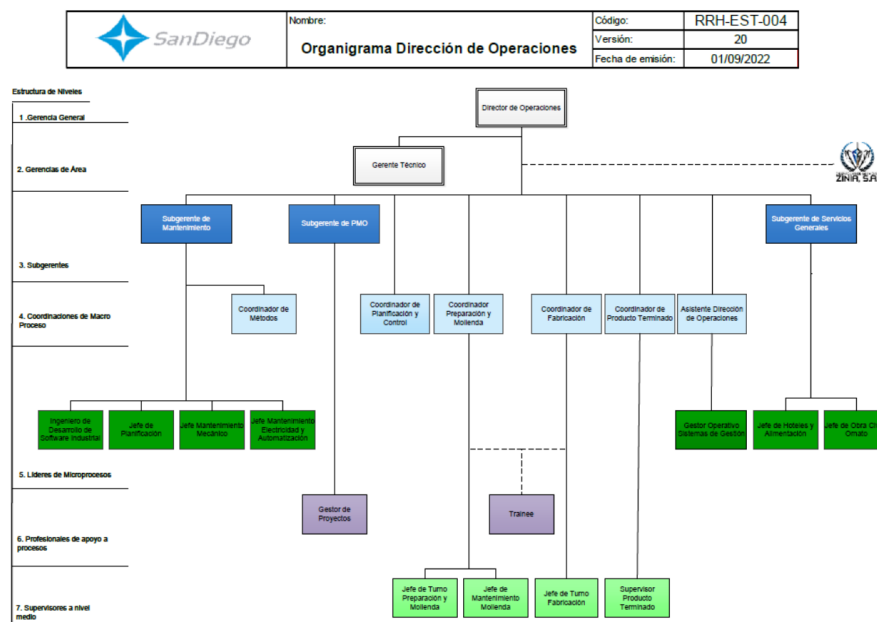
En la figura 3 se muestra la estructura de la dirección de operaciones, y se indican 7 estratos verticales. Están organizados en departamentos funcionales y por procesos para garantizar la comunicación, la coordinación y la integración

efectiva de los esfuerzos entre departamentos. La estructura tiene una jerarquía funcional vertical y vínculos horizontales, que buscan cumplir los siguientes propósitos:

- Dividir el trabajo a realizarse en tareas específicas y departamentos
- Establecer relaciones entre individuos, grupos y departamentos
- Establecer líneas formales de autoridad

La comunicación horizontal ayuda a superar los obstáculos entre departamentos y ofrece oportunidades de coordinación entre los empleados, a fin de lograr la unidad de esfuerzos y los objetivos organizacionales.

Figura 3.
Procedimiento para la gestión del recurso humano



Nota. RRH-PRO-001 procedimiento para la gestión del recurso humano v12. Obtenido de Corporación San Diego (2023). *Documentación.* (p. 12).

1.1.7. Proceso completo de producción de azúcar

San Diego – ingenio Trinidad posee una capacidad de molienda de 2.38 millones de toneladas métricas de caña de azúcar, produciendo más de 267 mil toneladas métricas de azúcar al año para el mercado local y exportación alrededor del mundo. Cuenta con capacidad instalada de generación de energía eléctrica de 120 MW para entrega al mercado regional (Corporación San Diego, 2023).

Período de zafra: la caña de azúcar requiere aproximadamente de 6 a 7 meses para completar su ciclo de crecimiento y alcanzar la fase de madurez óptima, que marca el inicio de la temporada de cosecha, también conocida como período de zafra. Durante este intervalo, se concentran actividades laborales de alta intensidad. La composición de la caña de azúcar es muy variable. El valor de la caña de azúcar se determina en función de dos factores principales: la cantidad de azúcar que puede ser recuperada de ella y los costos asociados a su procesamiento (Rein, 2012).

La caña de azúcar como materia prima para la elaboración de azúcar es obtenida principalmente de dos formas: cortada manualmente por el personal de corte y mecanizada por máquinas cosechadoras. Para la cosecha de la caña se dispone de un método en el que se quema para dar facilidad de corte y manipulación, esta técnica tiene la desventaja de que la caña se descompone rápidamente, es decir, que debe de ser molida en un lapso no mayor de 24 a 36 horas. A continuación, se presenta una breve descripción de los procesos involucrados en la producción de azúcar (Rein, 2012).

Preparación de caña: la caña de azúcar luego del corte (manual y mecanizado), es depositada en vagones o remolques denominados jaulas,

remolcados por cabezales hacia el complejo industrial. Las jaulas con caña se someten inicialmente a un proceso de pesaje utilizando básculas electrónicas diseñadas para camiones de gran capacidad, posteriormente se procede a un muestreo empleando una sonda mecánica denominada Core Sampler, con el propósito de especificar las características de calidad, incluyendo su contenido de sacarosa, porcentaje de fibra y cantidad de impurezas. Después se conducen las jaulas al patio, donde se descargan en las mesas alimentadoras por medio de un equipo hidráulico llamado, virador (Rein, 2012).

La caña a granel y mecanizada se somete a una limpieza en seco, pasando sobre unos rodillos ubicados en medio de las dos mesas alimentadoras para remover cierta materia no deseada como lodo, polvo y restos de la quema producida por el corte, mejorando la clarificación del jugo en el proceso (Rein, 2012).

La caña es depositada en la segunda mesa y se realiza un corte previo con un equipo denominado troceadora, posteriormente se transporta por el conductor de tablillas entrando en contacto con los equipos de preparación: picadora y desfibradora, las cuales son rotores colocados sobre el conductor girando a una velocidad de 623 y 720 rpm respectivamente, accionados por motores eléctricos y provistos cada uno con cuchillas o martillos; produciendo tamaños menores y homogéneos de caña para abrir sus celdas y facilitar la extracción del jugo. Un sistema de conductores de banda, equipados con controles de velocidad integrados en el sistema de control automático para alimentación del primer molino, traslada la caña desfibrada en forma de material fibroso hacia el tándem de molinos, asegurando un flujo continuo y óptimo de la molienda conforme a la programación establecida (Rein, 2012).

- Extracción de jugo

La caña previamente desfibrada es transportada hacia el área de extracción, donde se realiza el proceso de obtención de jugo de caña. Este proceso de extracción se realiza en el tándem de molinos, conformado por cinco molinos colocados en línea sucesivamente, cada uno consta de cuatro rodillos ranurados, llamados mazas. Cada molino posee un accionamiento eléctrico de 1000 HP en la maza superior y un accionamiento de 400 HP en cada una de las mazas inferiores, adicionalmente un sistema de transmisión mecánica reduce la velocidad de rotación desde 1794 rpm hasta aproximadamente 6 rpm, garantizando el funcionamiento eficiente del molino conforme a los requerimientos de operación (Rein, 2012).

Un colchón de caña preparada se desplaza a través de cada molino, sometido a una compresión entre las mazas mediante la aplicación controlada de presión hidráulica sobre ellas, logrando extraer de manera eficiente el jugo contenido en la caña. La primera etapa de extracción se realiza en el primer molino, donde se obtiene el jugo primario. La recirculación del jugo en los molinos, comúnmente se le llama maceración, se realiza con el propósito de maximizar la extracción de sacarosa contenida en el material fibroso que emerge de cada unidad. En la entrada del último molino, se realiza un proceso conocido como imbibición, que consiste en la adición de agua a una temperatura superior a 80 °C. En la salida del último molino se obtiene bagazo como subproducto, utilizado como combustible en las calderas para producción de vapor y generación de energía eléctrica, contribuyendo a un enfoque sostenible y eficiente (Rein, 2012).

- Preparación de jugo

El jugo obtenido mediante el proceso de extracción en los molinos es denominado jugo diluido y presenta un rango de pH que oscila entre 5.1 y 5.5, es transportado a la fábrica a través de un sistema de bombeo para someterlo a su posterior procesamiento. En los hornos de quemado de azufre se genera dióxido de azufre, el cual se utiliza en un proceso de sulfitación del jugo diluido en una torre de absorción en contracorriente, con el propósito de eliminar las sustancias causantes de la formación de color. El producto resultante se conoce como jugo sulfitado, caracterizado por un pH que se encuentra en el rango de 4.5 a 5.0, es dirigido a un recipiente intermedio, donde se mide su peso y se registra la lectura antes de ser descargado al tanque de alcalizado. En esta etapa, se incorpora lechada de cal al jugo sulfitado, con la finalidad de neutralizar su acidez y empezar el proceso de floculación, esencial para la separación eficiente de los sólidos no azúcares que puedan haber ingresado con la caña de azúcar. El resultado de este tratamiento es el jugo alcalizado y alcanza un pH dentro del intervalo de 7.0 a 7.2 (Rein, 2012).

- Calentamiento y clarificación

El jugo alcalizado se somete a un proceso de calentamiento mediante la utilización de vapor en intercambiadores de calor de tipo coraza y tubo, elevando su temperatura hasta alcanzar los 105 °C, posteriormente es transferido hacia los clarificadores, donde los sólidos no azúcares son sometidos a floculación inducida por la acción conjunta de la alcalización, el calentamiento y la adición de polímeros. A través de la precipitación por gravedad en los clarificadores, se produce un residuo conocido como cachaza, que se procesa en la filtración. La cachaza generada aún contiene azúcar, y se somete a un proceso de filtración para su recuperación. En esta fase se incorpora bagacillo, cal y un agente

floculante para mejorar el filtraje, seguidamente la mezcla se traslada hacia los filtros banda, donde se efectúa la separación efectiva de los sólidos del jugo resultante. En estos filtros se emplea agua caliente mediante boquillas con el propósito de reducir al mínimo la proporción de sacarosa residual presente en la cachaza (Rein, 2012).

La materia sólida, comúnmente llamada torta, segregada en el filtro se deposita en camiones de volteo, se somete a un proceso de pesaje y se dispone en el campo como materia orgánica, contribuyendo a la mejora y estabilización de suelos empobrecidos. El jugo obtenido como resultado de la filtración es redirigido hacia los tanques de jugo alcalizado para continuar su tratamiento (Rein, 2012).

El jugo clarificado, resultado del tratamiento en los clarificadores, se somete a un proceso adicional a través de un separador por tamiz vibratorio marca eriez, comúnmente llamado filtro de bagacillo eriez, con la capacidad de segregar de manera efectiva partículas e impurezas presentes en el jugo, garantizando su calidad antes de ser trasladado hacia el proceso de evaporación (Rein, 2012).

- Evaporación

El jugo clarificado, al ingresar a los evaporadores, presenta un contenido de sólidos en el rango de 14 a 15 °Brix (%p/p), es sometido a un proceso de concentración mediante evaporación de múltiple efecto, incrementando su concentración hasta alcanzar un valor final de 60 a 65 °Brix, y se le denomina comúnmente como meladura. La estación de evaporación está compuesta de dos líneas de evaporadores tipo Robert organizados en una configuración de quíntuple efecto. Para asegurar la transferencia eficiente del jugo clarificado de

un evaporador a otro, se emplean bombas centrífugas frecuentemente conocidas como bombas de transferencia. Estas bombas desempeñan un papel esencial en la generación de la diferencia de presión necesaria entre los evaporadores, cumpliendo esta función específicamente desde el tercer hasta el quinto efecto. Cada uno de los evaporadores está equipado con instrumentación de precisión y sistemas de control automático, permitiendo monitorear y regular variables fundamentales, como el nivel de jugo, la temperatura, el flujo de alimentación, entre otras, garantizando un control óptimo del proceso (Rein, 2012).

La meladura que proviene del último evaporador, comúnmente denominado melador, se conduce a la estación de clarificación de meladura, donde se somete a un proceso de clarificación mediante fosflotación. Este proceso implica la adición de ácido fosfórico, floculante, lechada de cal y aire. La meladura clarificada, libre de impurezas, se traslada hacia los tanques de alimentación de los tachos para iniciar el proceso de cristalización (Rein, 2012).

Recuperación de sacarosa: la etapa principal en la que se alcanza la consolidación de la forma, tamaño y pureza de los cristales de azúcar se denomina cocimiento, y se reconoce como uno de los procesos fundamentales en la producción de azúcar. Durante esta etapa, se logra la formación de una mezcla conocida como masa cocida, compuesta por cristales de azúcar suspendidos en un medio líquido llamado miel (Rein, 2012).

Este proceso de cocimiento se basa en el esquema de doble magma, que implica la generación de tres tipos de masas cocidas y la reutilización de las mieles con el fin de optimizar la eficiencia del sistema. Cada tipo de masa cocida se alimenta de manera específica, por ejemplo, la masa cocida A se alimenta con meladura, la masa cocida B se alimenta con miel A y la masa cocida C se abastece con miel B. Los equipos empleados para la producción de estas masas

cocidas se denominan tachos, el volumen total de masa cocida resultante es comúnmente conocido como templa, y se descarga el producto en un tanque específico conocido como cristalizador o recibidor (Rein, 2012).

Los cristales formados en la masa cocida C, representan los cristales más pequeños de la cristalización. Posteriormente, estos cristales se incorporan en las masas cocidas B con el propósito de recuperar la sacarosa contenida. De manera análoga, se ejecuta un procedimiento semejante para la producción de las masas cocidas A, que constituyen la fuente para la obtención del azúcar comercial final (Rein, 2012).

Cuando el licor madre, también conocido como miel, ha alcanzado el límite práctico de agotamiento de la templa, la siguiente etapa implica separar los cristales con el propósito de la obtención del azúcar en su forma comercial. Este proceso se realiza mediante la aplicación de fuerza centrífuga en las canastas de los equipos denominados centrífugas, que giran a velocidades comprendidas entre 1000 y 1200 rpm. Estas centrífugas están equipadas con una malla instalada en el interior de la canasta que retiene los cristales, permitiendo que la miel fluya a través de ella, a esta operación se le conoce como purgado o centrifugado (Rein, 2012).

En el transcurso del proceso de centrifugado, el azúcar es sometido a un lavado con agua caliente con el fin de eliminar la capa de miel que cubre los cristales. La miel resultante de este proceso es redirigida hacia tanques de almacenamiento ubicados en los tachos, donde será sometida a procesos de agotamiento posteriores en tachos (Rein, 2012).

A partir de la masa cocida A se extrae la miel A, mientras que de la masa cocida B se extrae la miel B. En el caso de la masa cocida C, se extrae una miel

agotada que es segregada del proceso y se destina a la comercialización como materia prima para la producción de alcohol, denominada comúnmente miel final o melaza (Rein, 2012).

De este modo, el proceso de agotamiento de las mieles es gradual, al comenzar con la miel A, seguida por la miel B, y se finaliza en la miel C o miel final. Simultáneamente, los cristales de azúcar experimentan un incremento progresivo en su tamaño, partiendo desde la masa C, pasando por la masa B, y finalizando en la masa A, caracterizada por poseer un tamaño de grano que satisface plenamente todas las especificaciones necesarias para su posterior comercialización (Rein, 2012).

Manejo de azúcar: la azúcar húmeda obtenida a través de las centrífugas se traslada eficazmente utilizando un sistema de elevadores y bandas transportadoras hacia la secadora. Esta última se compone de un tambor rotativo inclinado que entra en contacto directo con el azúcar mientras se introduce aire caliente en contracorriente. El aire eleva su temperatura a través de intercambiadores de tubos y es conducido hacia la secadora mediante un ventilador de tiro inducido. La interacción entre el aire caliente y el azúcar genera la formación de un fino polvillo, el cual es transportado por el flujo de aire caliente hacia ciclones diseñados para concentrar las partículas de polvo de azúcar y disolverlas eficientemente en agua caliente (Rein, 2012).

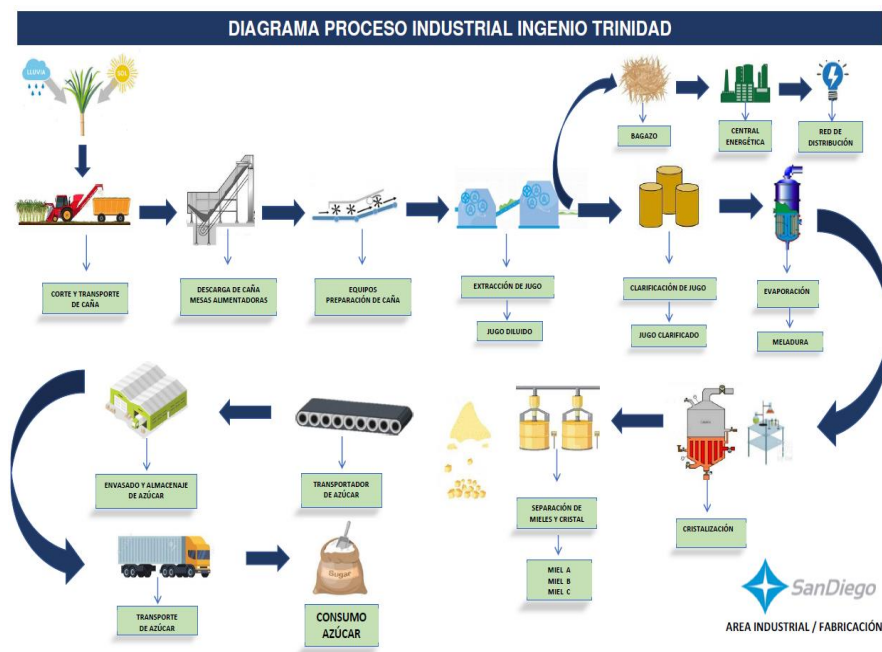
Después de extraer la humedad del azúcar en la secadora, se procede a realizar un proceso de enfriamiento empleando aire a temperatura ambiente. Este procedimiento específico se efectúa en un equipo particular conocido como enfriadora. El azúcar seco emerge del extremo opuesto de la enfriadora, donde se ha incorporado una malla clasificadora diseñada para eliminar los terrones de azúcar y separar materiales extraños con tamaño mayor de 3.3 mm (Rein, 2012).

El azúcar blanco, después de completado el proceso de secado y enfriamiento, es depositado en sacos comúnmente denominados jumbos, que posteriormente se almacenan y son apilados de manera uniforme en las bodegas. Por otro lado, el azúcar crudo no es sometido a procesos de secado ni enfriamiento, se despacha a granel facilitando la distribución y transporte en grandes volúmenes.

En la figura 4, se presenta de manera gráfica el flujo del proceso de elaboración del azúcar de caña. Este diagrama proporciona una representación visual de los diversos pasos previamente mencionados que conducen a la obtención del azúcar de caña.

Figura 4.

Diagrama de flujo del proceso de elaboración de azúcar



Nota. Diagrama proceso azúcar (básico) Rev. 1. Obtenido de Corporación San Diego (2023).
Documentación. (p. 15).

Para efectos de este trabajo de graduación, a partir de este momento se hará referencia a la corporación San Diego – ingenio Trinidad, exclusivamente como San Diego en el resto de este documento.

2. SITUACIÓN ACTUAL DEL ÁREA DE EXTRACCIÓN

La presente sección sobre la situación actual en el área de extracción del Ingenio San Diego constituye una recopilación de experiencias y observaciones derivadas de la estancia del autor en la empresa durante la elaboración de este trabajo, que abarcó el período comprendido desde noviembre de 2021 a mayo de 2023.

El departamento de preparación y molienda posee dos áreas físicas para su operación: patio de caña y tándem de molinos, cada una encargada de una parte fundamental del proceso de fabricación de azúcar. En el patio de caña se desarrollan las actividades de recepción, descarga y alimentación de la caña. Sumado a esto, se encarga de una actividad de gran trascendencia la preparación de la caña, proceso que tiene como principal objetivo, reducir el tamaño de las partículas de caña hasta un tamaño adecuado. Este proceso implica la rotura de las celdas de los tallos de caña para producir un material con las características apropiadas para la extracción de jugo de caña de azúcar. La reducción de tamaño de la caña se obtiene por medio de una picadora COP 5 con 93 cuchillas oscilantes y una desfibradora MAXWELL con 160 martillos basculantes, siendo trasladado el material desfibrado por una serie de conductores de banda hacia el tándem de molinos (Rein, 2012).

En el tándem de molinos, generalmente denominado como molinos, se tiene como objetivo principal la molienda de caña, que consiste en separar el jugo que contiene sacarosa del resto de la caña. El proceso de extracción se realiza en el tándem de molinos, constituido por cinco molinos cada uno con cuatro rodillos ranurados, llamados mazas, con una longitud de 84 pulgadas y 46

pulgadas de diámetro. El colchón de caña preparada pasa a través de cada molino comprimiéndose entre las mazas para extraer el jugo, y al material fibroso que sale de cada molino se le aplica jugo o agua para lograr obtener la mayor cantidad de sacarosa de la caña. En la salida del último molino se obtiene el residuo de la caña, denominado bagazo, que se utiliza como combustible en las calderas para la producción de vapor. Durante la zafra correspondiente al período 2022-2023, se logró alcanzar un promedio diario de molienda de 13,626 toneladas cortas de caña.

Entre las funciones básicas de los molinos están:

- Moler o exprimir una cantidad específica de caña de acuerdo con su capacidad, asegurando una molienda óptima.
- Extraer el máximo contenido de jugo y Pol presentes en la caña, para garantizar un rendimiento óptimo en la obtención de azúcar.
- Suministrar bagazo en condiciones adecuadas para alimentar las calderas, permitiendo la producción de vapor y energía renovable.

El funcionamiento del molino consiste principalmente en aplicar grandes presiones a bajas velocidades de rotación. Estas presiones son aplicadas a través de actuadores con sistemas hidráulicos en las chumaceras de la maza superior, creando efectos mecánicos como fuerzas y desgaste sobre el cojinete en dichos apoyos. Los cojinetes de bronce del molino son puntos de apoyo que permiten al eje de la maza girar libremente y soportar carga. Estos son de construcción normalmente partidos, se requiere que transforme en calor tan poca potencia como sea posible y se desgaste lentamente y no genere fallas en el eje.

En el presente trabajo, a partir de este punto será denominado extracción el proceso productivo encargado de la molienda y el área física; y será utilizado el término molino exclusivamente para la designación del equipo o activo físico, se realiza esta aclaración para buscar la diferenciación de los términos utilizados, lo que permite un mejor entendimiento del tema que se abordará en los próximos capítulos.

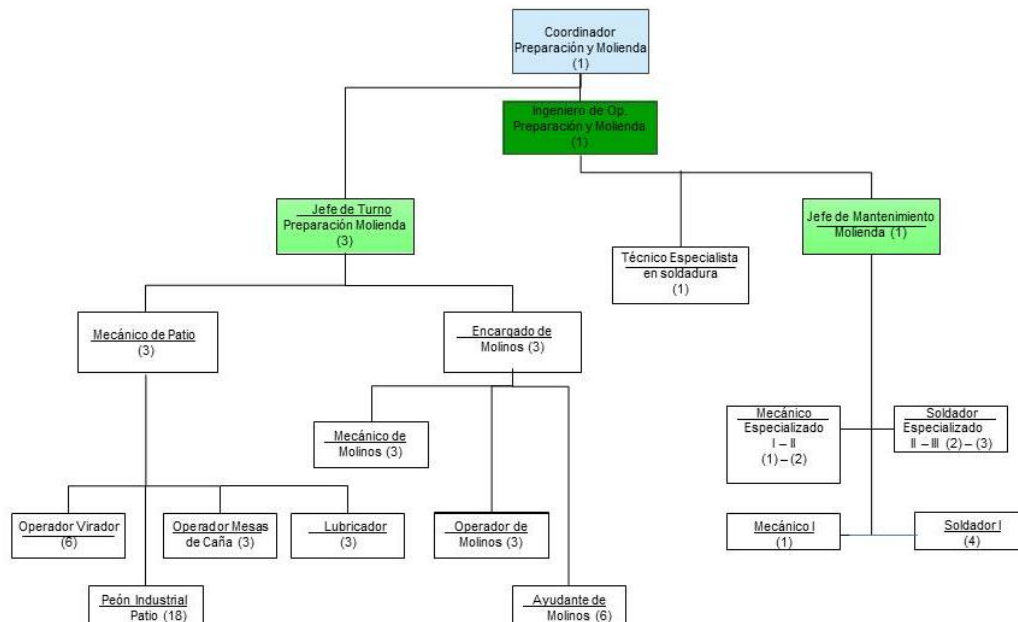
Organización del departamento de Preparación y Molienda: el organigrama en la figura 5 representa su estructura actual y su distribución del trabajo, diseñado para cumplir con las metas organizacionales. Presenta en forma esquemática los diferentes puestos, su jerarquía y niveles de autoridad, permite una ejecución eficiente de las actividades y tareas asignadas, y facilita un flujo de información óptimo.

Se puede considerar como una estructura funcional vertical, debido a que agrupa especialidades ocupacionales similares o relacionadas y una cadena de mando de arriba hacia abajo, con énfasis en la eficiencia y el control asociados con tareas especializadas, una jerarquía de autoridad, reglamentos y sistemas de información formales.

En la estructura se observan los siguientes elementos importantes: especialización en el trabajo, departamentalización, cadena de mando, tramo de control y centralización.

Figura 5.

Procedimiento para la gestión del recurso humano



Nota. Procedimiento para la gestión del recurso humano v12. Obtenido de Corporación San Diego (2023). *Documentación.* (p. 17).

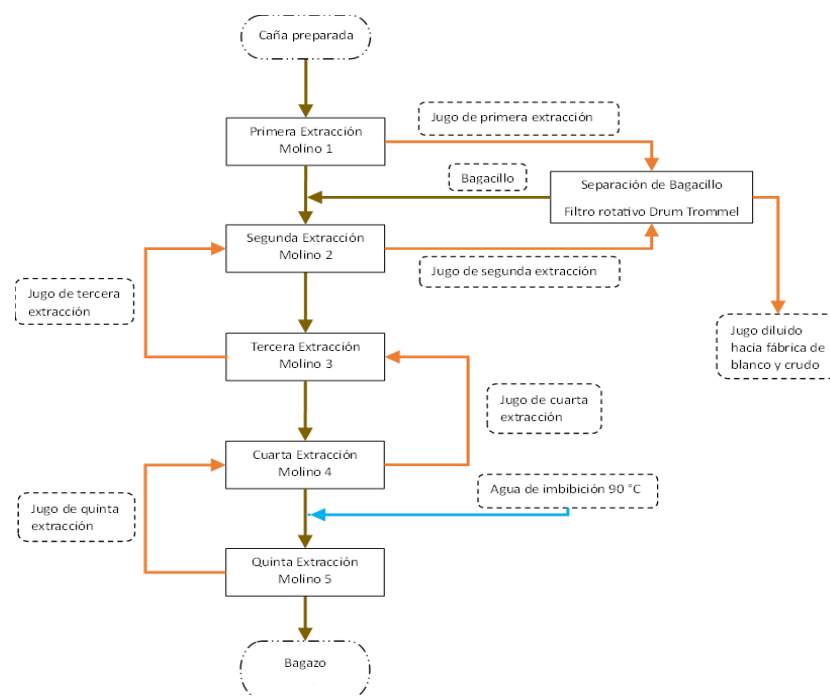
2.1. Diagrama de flujo del proceso

En el área de extracción se realiza la molienda y la extracción del jugo de la caña de azúcar, marcando el punto de partida fundamental para la producción de azúcar. El diagrama de flujo que se muestra a continuación en la figura 6, representa gráficamente el proceso de extracción, se detallan las actividades en conjunto y sus interrelaciones. Muestra la visualización de la materia prima que entra en el proceso, los diferentes materiales obtenidos y su disposición, permitiendo observar las actividades implicadas en el proceso. Este diagrama es particularmente útil para registrar operaciones, inspecciones y tiempos permitidos

a los que se expone el jugo de la caña a medida que recorre el proceso. Los equipos que se manejan en el proceso se encuentran en operación y monitoreo las 24 horas del día.

Figura 6.

Diagrama de flujo del proceso de extracción



Nota. Diagrama de flujo del proceso de extracción. Elaboración propia, realizado con Excel.

El diagrama de flujo inicia con el ingreso de la materia prima, caña desfibrada, al primer molino para realizar la primera extracción obteniéndose jugo sin filtrar y bagazo. En la salida del primer molino se aplica jugo del tercer molino para obtener mayores beneficios en la extracción, a este sistema se denomina imbibición compuesta. El bagazo húmedo se traslada por medio del conductor intermedio de tablillas al segundo molino para realizar la siguiente extracción.

En el molino 2 se realiza la segunda extracción obteniéndose jugo del segundo molino sin filtrar y bagazo, se aplica jugo del cuarto molino a la salida de este molino y se traslada el bagazo al molino siguiente.

El jugo del primer y segundo molino es enviado a un filtro rotativo para extraer el bagacillo, debido a que su presencia puede afectar en el color del azúcar. El jugo filtrado, denominado jugo diluido, es enviado a la fábrica para su procesamiento y el bagacillo retorna a la salida del molino 1.

En el molino 3 se realiza la tercera extracción obteniéndose jugo y bagazo, a la salida del molino se aplica jugo del quinto molino y se traslada el bagazo al siguiente molino. En el molino 4 se realiza la cuarta extracción obteniéndose jugo y bagazo, a la salida del molino se aplica agua a una temperatura aproximada de 90 °C y se traslada el bagazo al último molino.

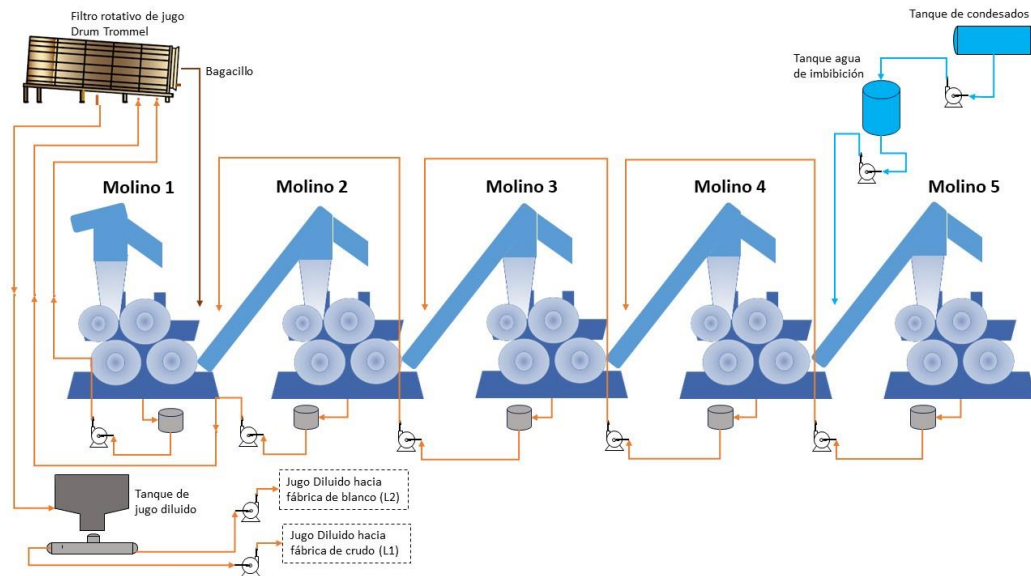
Finalmente, en el molino 5 se realiza la última extracción obteniéndose jugo y bagazo. El jugo es utilizado en la imbibición compuesta saliendo del molino 3 hacia el molino 4 y el bagazo es enviado por conductores de banda hacia las calderas para producción de vapor.

Las operaciones mencionadas se ejecutan de manera uniforme en los cinco molinos. La distinción primordial consiste en la aplicación de agua a una temperatura de 90 °C en la imbibición del molino 5, en contraste con la utilización de jugo mezclado que se aplica en los otros molinos (Rein, 2012).

El proceso de imbibición se aplica para aumentar la extracción de jugo en cada molino. El diagrama en la figura 7 muestra una representación gráfica del proceso de la imbibición compuesta.

Figura 7.

Diagrama de flujo de los cinco molinos con imbibición compuesta



Nota. Diagrama de flujo de los cinco molinos con imbibición compuesta. Elaboración propia, realizado con PowerPoint.

2.2. Distribución de planta

Una distribución en planta adecuada es esencial para optimizar el uso del espacio, se debe incluir la disposición estratégica del personal, equipos, almacenes, sistemas de manejo de materiales y otros servicios complementarios, y para minimizar los desplazamientos de material, esto permite reducir el volumen de material en proceso y mejorar el control de materiales, generando beneficios en el rendimiento de la planta industrial que se traducen en un aumento de la eficiencia operativa y una mayor competitividad.

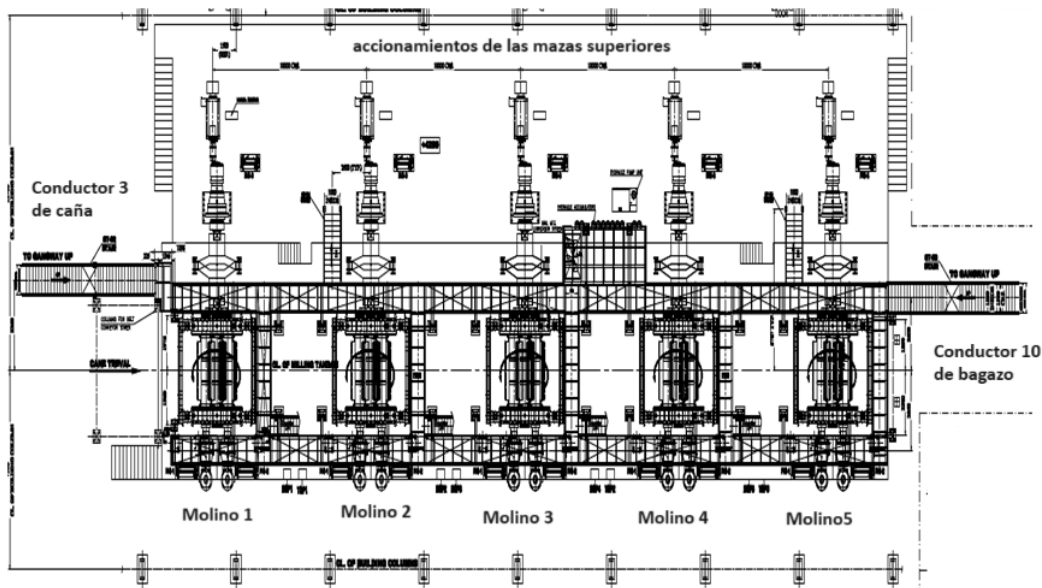
El área de extracción posee una distribución en línea recta, debido a que la maquinaria se encuentra ubicada de forma fija y la caña desfibrada se mueve

de manera continua a lo largo de este proceso, logrando una secuencia fluida y eficiente que permite que el jugo obtenido avance continuamente hasta el siguiente proceso. Esta distribución física es un componente esencial dentro del sistema de producción, y está conformada por equipos pesados y consumidores de potencia, bien diseñados y de rendimiento aceptable para la función que desempeñan.

En el diagrama de la figura 8 se muestra la distribución y el espaciamiento de las instalaciones y equipos en el área de extracción para optimizar su operación y facilitar su mantenimiento.

Figura 8.

Diagrama de planta de la distribución de los equipos en el área de extracción



Nota. Diagrama de planta de la distribución y el espaciamiento de las instalaciones y equipos en el área de extracción, JS0045-01050100-ASY-089, rev.02-Model. Obtenido de Corporación San Diego (2023). *Documentación.* (p. 20).

La distribución actual en planta de los equipos se encuentra en un sector específico del complejo industrial. La configuración se organiza de la siguiente forma: los cinco molinos están ordenados en línea o serie, con un conductor intermedio después de cada molino. A la salida del último molino, se encuentra instalado un transportador de banda que traslada el bagazo hacia las calderas. Cada una de las mazas del molino: superior, cañera y bagacera, posee un accionamiento mecánico y eléctrico. Adicionalmente, cada molino posee una unidad de recepción y bombeo de jugo, utilizados para trasladar hacia un filtro rotativo el jugo, permitiendo su filtración antes de ser enviado al siguiente proceso, para asegurar la pureza y evitar posibles impurezas.

2.3. Inventario de equipos

La gestión del mantenimiento genera una gran cantidad de datos que ordenados adecuadamente se convierten en información importante para la toma de decisiones estratégicas, se pueden utilizar sistemas informatizados para procesar, automatizar y ordenar eficientemente los datos de esta forma permite ajustarlos de acuerdo con las necesidades específicas.

Para implementar de manera efectiva un sistema de control del mantenimiento, es fundamental realizar la recopilación de datos mediante la identificación exhaustiva de todos los elementos que componen la planta industrial, se debe detallar su localización y función específica. Esta valiosa información recopilada, se denomina inventario, y permite establecer correlaciones entre cada equipo y su respectiva área de aplicación, función, centro de costo y posición física.

En San Diego se emplea un sistema informático, denominado Activos Fijos, creado por el Departamento de Tecnología e Informática del ingenio, para

procesar y almacenar los datos recopilados y la información de cada equipo de toda la planta industrial. Cada equipo ocupa una posición única, y posee características específicas que lo diferencian de los demás.

En la tabla 2, se presenta una selección representativa del listado completo de equipos que constituyen el inventario de equipos del área de extracción.

Tabla 2.

Extracto del inventario de equipos del molino 1 en el área de extracción

No.	Nombre
1	Molino 1B
2	Bomba 1 lubricación unidad principal molino 1B
3	Bomba 2 lubricación unidad principal molino 1B
4	Bomba 1 lubricación reductor maza cañera molino 1B
5	Bomba 2 lubricación reductor maza cañera molino 1B
6	Bomba 1 lubricación reductor maza bagacera molino 1B
7	Bomba 2 lubricación reductor maza bagacera molino 1B
8	Motor movimiento reductor planetario masa superior molino 1 tándem B
9	Motor ventilación forzada molino 1 tándem B
10	Motor 1 lubricación unidad principal molino 1B
11	Motor 2 lubricación unidad principal molino 1B
12	Motor movimiento reductor planetario masa cañera molino 1 tándem B
13	Motor ventilador forzado planetario masa cañera molino 1 TB
14	Motor 1 Sist. Lubri. Planetario masa bagacera molino 1 tándem B
15	Motor 2 Sist. Lubri. Planetario masa bagacera molino 1 tándem B
16	Motor Movimiento Reductor planetario masa bagacera molino 1 tándem B
17	Motor ventilador forzado planetario masa bagacera molino 1 TB
18	Motor 1 Sist. Lubri. Planetario masa cañera molino 1 tándem B
19	Motor 2 Sist. Lubri. Planetario masa cañera molino 1 tándem B
20	Reductor principal molino 1B

Continuación de la tabla 2.

No.	Nombre
21	Reductor maza cañera molino 1B
22	Reductor maza bagacera molino 1B
23	Maza superior molino 1B
24	Maza cañera molino 1B
25	Maza bagacera molino 1B
26	4ta maza molino 1B
27	Unidad lubricación reductor principal molino 1B
28	Unidad lubricación reductor maza cañera molino 1B
29	Unidad lubricación reductor maza bagacera molino 1b
30	Panel lubricación reductor maza cañera molino 1B
31	Panel lubricación reductor maza bagacera molino 1B
32	Panel eléctrico Sist. Lubri. Planetario maza superior molino 1B
33	Transmisor temperatura aceite red. Superior molino 1B
34	Transmisor de temperatura salida enfriamiento de aceite caja engranajes masa bagacera molino 1 tándem B
35	Transmisor temperatura aceite red. Cañero molino 1B

Nota. Extracto del inventario de equipos del molino 1 en el área de extracción. Elaboración propia, realizada con Excel.

En el inventario cada uno de los equipos se identifican con un código único, denominado código de activo fijo, para registrar la posición operativa del equipo y el agrupamiento por características de construcción (familias). Están organizados por medio de una estructura que permite determinar las relaciones de dependencia de cada uno de los equipos con su respectiva área de aplicación, centro de costo y posición física. Se abordará este tema de la estructura y la codificación de equipos en el apartado 2.5.2.

2.4. Gestión del mantenimiento

El dinámico mundo actual y la incesante demanda competitiva de la industria por garantizar el óptimo funcionamiento de sus equipos de producción, junto con la obtención de su máxima disponibilidad operativa, ha originado una evolución en el ámbito del mantenimiento a lo largo de las últimas décadas, obligando a adoptar nuevas filosofías y métodos de análisis, nuevas prácticas e innovadores métodos de mantenimiento, y una visión renovada en la organización del mantenimiento y sus responsabilidades, incluyendo una mayor conciencia acerca de la evaluación de las implicaciones de las fallas de equipos en términos de seguridad y medio ambiente.

- Mantenimiento: la conceptualización del mantenimiento expone una notable diversidad de enfoques interpretativos, permitiendo la formulación de múltiples definiciones. A continuación, se presentan algunas definiciones con relación al concepto de mantenimiento.

El mantenimiento es la acción y efecto de mantener o mantenerse. Conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, entre otros, puedan seguir funcionando adecuadamente.

Según Garrido (2003), el mantenimiento es el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento.

Otro concepto, por Márquez (2017) define el mantenimiento como toda actividad encaminada a conservar las propiedades físicas de una institución o

empresa a fin de que esté en condiciones para operar en forma satisfactoria y a un costo razonable.

Estas definiciones y muchas otras son válidas en función del enfoque que se aplique. El mantenimiento puede ser conceptualizado como el conjunto de acciones orientadas a garantizar que los equipos e instalaciones satisfagan las necesidades y expectativas de sus usuarios a lo largo de su ciclo de vida, utilizando diferentes metodologías y técnicas apropiadas para preservar o restaurar el estado óptimo que les permite desempeñar su función de manera eficiente.

- Gestión de mantenimiento: cuando hacemos referencia al término gestión, inevitablemente lo asociamos con la administración empresarial, involucrando la dirección y conducción aplicada por diferentes personas a través de la organización.

Garrido (2003), algunas razones de por qué es necesario gestionar el mantenimiento:

Porque la competencia obliga a rebajar costes; porque han aparecido multitud de técnicas que es necesario analizar, para estudiar si su implantación supondría una mejora en los resultados de la empresa; porque los departamentos necesitan estrategias, directrices a aplicar, que sean acordes con los objetivos planteados por la dirección; porque la calidad, la seguridad, y las interrelaciones con el medioambiente son aspectos que han tomado una extraordinaria importancia en la gestión industrial.

Por lo tanto, se puede expresar que, la gestión de mantenimiento considera de manera integral la planificación, dirección, ejecución y control de

todas las actividades, estrategias y recursos vinculados al mantenimiento, con el propósito de alcanzar su misión y objetivos de manera efectiva; generando un servicio óptimo con la máxima calidad y minimizando los costos involucrados, con énfasis en la obtención de excelentes niveles de satisfacción al cliente interno o externo; dentro de un marco integral de la empresa, con el fin de fomentar una mayor colaboración y un trabajo en equipo más eficiente alineado con los objetivos organizacionales.

En San Diego, están implementados dos tipos de mantenimiento: el mantenimiento preventivo y el correctivo. Además, se incorpora de manera complementaria el mantenimiento predictivo, el cual se posiciona como una subclasificación específica del mantenimiento preventivo. A continuación, se detallan cada uno de estos tipos de mantenimiento.

- Mantenimiento preventivo: es el mantenimiento que se realiza con el propósito de evaluar y disminuir el proceso de degradación, reduciendo la probabilidad de ocurrencia de fallos en un elemento determinado.
- Mantenimiento correctivo: mantenimiento efectuado posteriormente a la identificación de una avería, con la finalidad de restituir un elemento a un estado óptimo que le permita desempeñar la función requerida de manera adecuada.
- Mantenimiento predictivo: mantenimiento basado en la condición que se ejecuta considerando predicciones obtenidas de los análisis iterativos y la interpretación de características conocidas, juntamente con la evaluación de los parámetros intrínsecos que influyen en la degradación del elemento a lo largo del tiempo, brindando una comprensión profunda del

comportamiento del elemento y facilitando la toma de decisiones informadas.

En San Diego, como en la mayoría de los ingenios, se cuenta con dos periodos de labores definidos, con una duración aproximada de 6 meses cada uno. El período de zafra y el período de reparación o no zafra.

Mantenimiento durante el período de zafra: el periodo de zafra generalmente ocurre entre los meses de noviembre a abril, en ocasiones se puede extender un mes o más debido a las condiciones climáticas que afectan la logística del transporte de caña. En este período se procede a realizar la transformación de la caña de azúcar en sus distintos subproductos, incluidos jugos, mieles y azúcar. Es imprescindible que todos los equipos utilizados en cada uno de los procesos operen en condiciones óptimas, con el fin de prevenir paros innecesarios. Durante este período, la maquinaria opera ininterrumpidamente las 24 horas del día, lo que demanda un óptimo estado de funcionamiento en todos sus componentes. Para lograr este propósito, se emplean distintas actividades de mantenimiento preventivo y predictivo, adicionalmente se aplican medidas correctivas cuando la situación lo demande. La información mencionada ha sido obtenida mediante una pasantía realizada por mi persona dentro de San Diego S.A. en el periodo comprendido de octubre de 2021 a mayo de 2022.

En este periodo también comienza la generación de energía eléctrica mediante el aprovechamiento del bagazo de la caña, abasteciendo sus requerimientos internos de energía y comercializando el excedente a proveedores externos. Esto resulta beneficioso debido a su contribución al suministro energético del sistema nacional durante los meses de verano, los

cuales coinciden con la disminución de la capacidad operativa de las centrales hidroeléctricas.

Previo a la finalización total de la producción de azúcar, se ejecuta una evaluación integral de los equipos con el propósito de examinar su condición y detectar los componentes que requieran reparación o reemplazo.

Mantenimiento durante el período de reparación o no zafra: este período corresponde al intervalo posterior a la zafra, abarcando aproximadamente desde los meses de mayo hasta octubre, y comprende una parada programada de mantenimiento, que representa la oportunidad singular para intervenir los equipos que generalmente están indisponibles durante la operación o que solo están disponibles durante un breve y limitado periodo de interrupción. Durante este periodo, se realiza una exhaustiva inspección de los equipos previamente identificados con cierto nivel de daño o avería al concluir la zafra precedente. Se aplica un mantenimiento correctivo a aquellos equipos que exhiben un mayor grado de deterioro en sus componentes, y se ejecuta respectivamente un mantenimiento preventivo en los restantes. Estas acciones se realizan con el objetivo de preparar adecuadamente los equipos para su próximo ciclo de operación.

Adicionalmente, los equipos que no presentaron ninguna falla detectable mediante las técnicas de mantenimiento predictivo, como el monitoreo de vibraciones mecánicas, termografía y análisis de aceite, son considerados en un buen estado. Como resultado, se toma la decisión de asignar labores menores de mantenimiento, con el objetivo de optimizar la gestión de costos de mantenimiento y operativos.

Cada actividad de mantenimiento se rige por un plan previamente establecido, diseñado con el propósito de asegurar un funcionamiento óptimo a lo largo de su ciclo operativo y minimizar el número posible de fallos.

Previo al inicio de la zafra, se ejecuta una verificación final de los equipos, realizada posterior a completarse sus labores de mantenimiento correspondientes. Los equipos son puestos en funcionamiento y sometidos a pruebas durante ciclos de arranque y parada para evaluar su desempeño. En caso de identificar cualquier tipo de fallo durante este período, se procede a realizar reparaciones extraordinarias con el propósito de restaurar su correcto funcionamiento. Una vez confirmado el correcto funcionamiento de todos los equipos, se consideran aptos para dar inicio al proceso de producción o período de zafra.

- Mantenimiento en el área de fábrica: el área de fábrica tiene un departamento de mantenimiento que se dedica a la ejecución de las actividades destinadas para conservar o devolver a los equipos a su estado funcional requerido, buscando asegurar una alta disponibilidad. Se encarga de gestionar el mantenimiento mecánico de los equipos del área de fabricación, y el mantenimiento eléctrico y automatización de los equipos de toda el área industrial, garantizando su correcto funcionamiento e intentando conseguir la ausencia de paradas no planificadas durante la zafra. A continuación, se presentan algunas figuras que ilustran la realización de actividades de mantenimiento en diferentes equipos del área de fábrica.

La figura 9 ilustra la ejecución de las labores mecánicas de mantenimiento realizadas durante el período de reparación en las seis centrífugas empleadas para la separación de la masa A, pertenecientes a la línea 2. Este mantenimiento

abarca una serie de procedimientos, como el desmontaje de los sistemas auxiliares de aire, agua, lubricación y vapor, la inspección de las partes y rodamientos del cabezote, el ensamblaje del cabezote y la canasta, la revisión de los cilindros neumáticos, el montaje del arado y la instalación de los sistemas auxiliares. La fase final de esta intervención consiste en la renovación completa de la pintura.

Figura 9.

Mantenimiento mecánico de centrífugas



Nota. Mantenimiento mecánico de centrífugas 1,2,3,4,5 y 6 para Masa A L2. 2023. Elaboración propia.

La figura 10 muestra el mantenimiento realizado en los instrumentos de medición y los indicadores que están instalados en los evaporadores de la línea

2 durante el período de reparación. Este mantenimiento abarca el desmontaje, la revisión y el montaje de instrumentos, como caudalímetros, transmisores, manómetros y termómetros.

Figura 10.

Mantenimiento de instrumentos de medición



Nota. Mantenimiento de instrumentos de medición e indicadores para evaporadores L2.
Elaboración propia.

La figura 11 representa el mantenimiento realizado durante el período de reparación en las válvulas automáticas de mariposa que están instaladas en los calentadores de la línea 1. El mantenimiento abarca las actividades de desmontaje, revisión y sustitución de los componentes requeridos y montaje de las válvulas automáticas.

Figura 11.

Mantenimiento de válvulas automáticas de mariposa para calentadores



Nota. Mantenimiento de válvulas automáticas de mariposa para calentadores L1. Elaboración propia.

La figura 12 presenta las actividades de mantenimiento eléctrico realizadas durante el período de reparación en los motores utilizados para la rotación de los equipos de preparación de caña. Estas labores de mantenimiento

abarcen una revisión de los componentes, como el rotor, estator, eje, rodamientos, entre otros elementos relevantes. Además de esta inspección detallada, se ejecutan pruebas eléctricas, como la prueba de resistencia de aislamiento y la prueba de índice de polarización, garantizando así el óptimo funcionamiento y seguridad de los motores.

Figura 12.

Mantenimiento eléctrico de motores



Nota. Mantenimiento eléctrico de motores para los equipos de preparación de caña. Elaboración propia.

- Mantenimiento predictivo: en San Diego, el departamento de métodos es el encargado de la implementación del mantenimiento predictivo, enfocado en la evaluación del estado de los equipos durante su funcionamiento normal para reducir la probabilidad de fallos, identificando cualquier problema presente o inminente, y analizando los datos obtenidos para determinar con precisión el momento más probable en el que podría ocurrir

una falla en el equipo, permitiendo tomar las acciones correctivas de manera oportuna. Para esto, se emplean diversas técnicas y equipo de monitoreo, como el análisis de vibraciones, el análisis de aceite y la termografía infrarroja, que permiten medir los síntomas emitidos por los equipos hacia el entorno. Obteniendo beneficios como: reducción de las probabilidades de fallos catastróficos, disminución del inventario y la compra de repuestos innecesarios, y el aumento de la productividad.

Este departamento también se dedica al establecimiento de metodologías dirigidas a la optimización del ciclo de vida de los activos soportado en los procesos de mantenimiento y operación de fábrica, empleando técnicas y herramientas con un enfoque estructurado, sistémico y disciplinado para la reducción continua de eventos no deseados. Esto se logra mediante la aplicación de análisis de causa raíz y la recolección, organización y análisis estructurado de información relacionada con el mantenimiento y la confiabilidad de los activos, buscando la integración en un modelo de Gestión de Activos, en conformidad con las directrices establecidas en estándares como la norma ISO 14224 e ISO 55000.

Su objetivo principal es la optimización de la confiabilidad y disponibilidad de los activos, asegurando su funcionamiento eficiente y continuo en el contexto de la operación, buscando minimizar los costos asociados.

En la figura 13, se ilustra la ejecución de la tarea de mantenimiento de alineación láser de los ejes rotativos aplicada al conjunto motor-reductor planetario de la maza superior del molino 5. Esta actividad se realiza como una medida complementaria dentro del mantenimiento predictivo, con el propósito de asegurar la confiabilidad y disponibilidad óptimas del equipo.

Figura 13.

Alineación láser de ejes



Nota. Alineación láser de ejes del conjunto motor – reductor planetario de la maza superior del molino 5. Elaboración propia.

Mantenimiento en el área de extracción: el área de extracción tiene una particularidad para realizar su mantenimiento, ya que tiene personal propio para ejecutar las actividades mecánicas de mantenimiento preventivo y correctivo de los diferentes equipos en operación o zafra, y para realizar el mantenimiento en el período de reparación. Solicita apoyo al departamento de mantenimiento del área de fábrica para el mantenimiento eléctrico y automatización de los equipos.

Con el propósito de efectuar la gestión y ejecución del mantenimiento de manera efectiva, el área de extracción se encarga de prevenir eventos indeseables y evitar paradas no planificadas, restaurando para el proceso los equipos o mecanismos que han fallado, mediante la combinación de diferentes actividades de mantenimiento destinadas a conservarlos o devolverlos a un estado en el cual pueda desarrollar la función requerida durante su ciclo de vida, y asegurar la disponibilidad apropiada para el proceso de extracción y, en

consecuencia, la producción continua de azúcar con los niveles de eficiencia necesarios.

Un óptimo proceso de planificación de mantenimiento preventivo es trascendental para la temporada de zafra en el área de extracción, con el propósito de minimizar paros no programados en la producción, reducir costos de oportunidad y costos derivados de acciones correctivas de mantenimiento.

Entre sus funciones para la gestión y ejecución del mantenimiento, cumpliendo las normas de seguridad establecidas en la organización, es posible mencionar:

Durante el periodo de zafra:

- Verificar el estado de los equipos frente a los parámetros establecidos de operación.
- Gestionar las actividades de mantenimiento correctivo y preventivo.
- Elaborar y supervisar los planes de paro programado de mantenimiento para conservar las condiciones fundamentales de los equipos en intervalos predeterminados de la zafra.
- Elaborar y supervisar el plan de repuestos críticos de zafra.
- Elaborar y supervisar el plan de repuestos para el próximo período de reparación.

Durante el periodo de reparación:

- Elaborar el plan y presupuesto de mantenimiento de los activos bajo su responsabilidad.
- Gestionar las actividades del plan de mantenimiento programado.
- Gestionar al personal a su cargo para realizar las actividades bajo su responsabilidad.
- Realizar la gestión de los proveedores de asistencia técnica.
- Coordinar y supervisar el diseño, construcción y montaje de instalaciones o maquinaria nueva o mejoras.

Entre las actividades ejecutadas por el personal operativo especializado en mantenimiento mecánico, se pueden mencionar las siguientes:

- Corregir fallas y averías de los equipos o mecanismos de acuerdo con su función y especificaciones técnicas.
- Inspeccionar los equipos en zafra para conservar las condiciones de funcionamiento de acuerdo con las especificaciones técnicas.
- Elaborar repuestos críticos de los equipos para el mantenimiento programado en zafra.
- Elaborar repuestos de los elementos mecánicos para el período de reparación.

- Realizar trabajos de ajuste, montaje y verificación de máquinas y mecanismos.
- Realizar trabajos de reparación de equipos, por ejemplo: bombas centrífugas, cajas reductoras (reductores planetarios, cicloidales y de ejes paralelos), equipos hidráulicos, transportadores de tablillas, elementos mecánicos del molino, entre otros.
- Establecer los recursos necesarios para desarrollar las actividades de la orden de trabajo de acuerdo con el plan de mantenimiento.

A continuación, se muestran algunas figuras que representan las actividades ejecutadas por el personal operativo especializado en mantenimiento mecánico del área de extracción. En la figura 14, se ilustra la ejecución del mantenimiento de los componentes del molino 3. Este mantenimiento comprende una serie de actividades específicas, como el montaje y ajuste de elementos tales como la cuchilla cuarta maza, la cuchilla central y la maza cañera.

Figura 14.

Montaje y ajuste de los componentes del molino 3



Nota. Montaje y ajuste de los componentes del molino 3 (setting de cuchilla cuarta maza, cuchilla central y maza cañera). Elaboración propia.

En la figura 15 se ilustra la ejecución del mantenimiento de los componentes del molino 1. Este mantenimiento abarca un conjunto de actividades que comprenden el armado y montaje de los componentes como la maza bagacera, la maza cañera y la cuchilla central. Además, se incluye el ensamblaje del reductor planetario en la maza cañera.

Figura 15.

Montaje y armado de los componentes del molino 1



Nota. Montaje y armado de los componentes del molino 1. Elaboración propia.

En la figura 16, se muestra la ejecución del mantenimiento de los componentes del conductor intermedio 2. Este mantenimiento comprende una serie de actividades, como el armado y montaje de componentes tales como el eje motriz, el eje colero y la cadena de arrastre.

Figura 16.

Montaje y armado de componentes del conductor intermedio 2



Nota. Montaje y armado de componentes del conductor intermedio 2 (eje motriz, eje colero y cadena de arrastre). Elaboración propia.

2.5. Estructura actual de la clasificación de equipos

En el apartado 2.3, se ha presentado el inventario actual de equipos pertenecientes al área de extracción, organizado en una lista ordenada de equipos identificados cada uno con su código de activo. Para una gestión óptima de esta información, es conveniente representar esta lista de datos en forma de estructura jerárquica, ya que permite visualizar las relaciones de dependencia de cada uno de los elementos con los restantes de las diferentes categorías, facilitando su localización y su referencia en órdenes de trabajo, permitiendo la elaboración de registros históricos de fallos e intervenciones y el control de costes.

Con la utilización de programas informáticos para la captura, almacenamiento y procesamiento de la información, la codificación desempeña una función primordial para agilizar el procesamiento y la correlación de

información, sintetizando en un conjunto más conciso de símbolos y estandarizando la representación de datos y su expresión. El sistema de codificación actual, creado por el departamento de activos fijos, proporciona información esencial sobre diversos aspectos de los equipos, como su tipo, ubicación en el área correspondiente, la familia a la que está asociado y cualquier otra información adicional relevante.

La estructura y la codificación actual utilizada para categorizar los equipos del área de extracción se detalla en los puntos siguientes.

2.5.1. Codificación por centro de costo

Por lo general, en las organizaciones se debe disponer de un sistema de contabilidad diseñado para identificar, cuantificar, clasificar, registrar, analizar e informar acerca de las operaciones empresariales de manera precisa. Además, resulta imprescindible para toda empresa tener un conocimiento integral del costo total de sus productos para efectuar un adecuado control sobre los costos de producción y contribuir a la fijación de precios de venta competitivos. El mecanismo contable encargado de generar información tanto para uso interno como externo y permite determinar el costo asociado a un producto específico, es conocido como sistema de costos.

San Diego aplica un sistema de costos basado en procesos, donde los costos son acumulados para cada departamento o proceso dentro de la fábrica. La producción de azúcar se caracteriza por ser uniforme, continua, homogénea y estandarizada, lo que impide la identificación de lotes específicos u órdenes de trabajo distinguibles. Los costos de producción son registrados, acumulados y asignados en función de los procesos de producción, y su información

correspondiente se elabora y presenta de manera estructurada en intervalos periódicos establecidos.

Una estrategia efectiva para gestionar los costos dentro del sistema contable es a través de la implementación de centros de costos, una herramienta contable esencial que facilita la planificación presupuestaria, supervisión de proyectos, control de gastos y evaluación del rendimiento de todas las áreas. Estos centros de costos se definen como unidades de análisis que permiten asociar y asignar los costos pertinentes para el desarrollo de las actividades productivas de manera eficiente. El centro de costo permite la obtención de datos segmentados para conocer con precisión el valor asociado a los materiales directos, la mano de obra directa y los costos indirectos de fabricación, con la finalidad de un seguimiento preciso de la utilización de los recursos, contribuyendo a establecer un control más efectivo sobre los flujos de ingresos y egresos.

En San Diego son utilizados centros de costos, han sido implementados por el área de finanzas, para controlar el consumo de los recursos involucrados en los distintos procesos de producción, permitiendo calcular indicadores específicos por área o proceso y facilitar el control efectivo de los costos, primordial para el mejoramiento de la productividad. Cada centro de costo se compone de un conjunto integrado de personas, instalaciones y equipos que colaboran en la ejecución de actividades afines o interrelacionadas en cada proceso de producción, desempeñando un papel fundamental en el logro de los objetivos tanto operativos como administrativos.

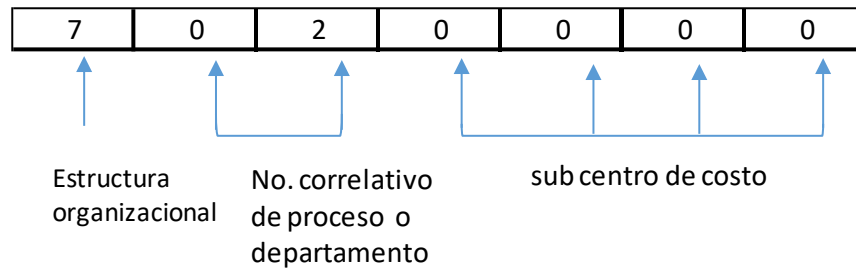
La codificación de los centros de costos es por medio de un código numérico asociado a cada uno de los procesos o departamentos. El código posee las siguientes características:

- Es una cifra de 7 dígitos
- No se agregan símbolos para separación.

El código establecido para el centro de costo posee la estructura que puede apreciarse en la figura 17:

Figura 17.

Estructura del código para el centro de costo



Nota. Estructura del código establecido para el centro de costo. Elaboración propia.

Se inicia desde la izquierda, el primer dígito tiene la función de codificar la estructura organizacional de la empresa, permitiendo direccionar adecuadamente los costos o gastos del período a los centros de costos correspondientes, cuando se registren en la contabilidad. Se utilizan los valores del 0 al 9. Los dos dígitos subsiguientes se emplean para identificar el número correlativo asignado al proceso o departamento, se abarcan valores desde el 01 hasta el 99.

Los últimos cuatro dígitos están reservados para identificar subcentros de costos, que representan unidades de evaluación especiales dentro de los centros de costos, comprende el rango de números desde el 0001 al 9999. El número 0000 se asigna como referencia general de cada proceso. En lo que respecta al

nombre del centro de costo, cada uno adopta el nombre correspondiente al proceso específico relacionado con la producción de azúcar.

El área de extracción se identifica con el número correlativo 02 dentro del proceso productivo, y su centro de costo asociado se identifica con el código 7020000, de la nomenclatura establecida. Inicialmente, este centro de costo fue designado con el nombre Molinos, en correspondencia con la denominación del área o departamento en ese momento. En la actualidad, la denominación vigente para esta área es Extracción, tal como se ha expuesto previamente. El nombre del centro de costo permanece sin modificación. En la tabla 3, se presentan determinados ejemplos de códigos de los centros de costos utilizados en San Diego.

Tabla 3.

Ejemplos de centros de costo

Centro de costo	Nombre del centro de costo
7010000	Patio de caña
7020000	Molinos
7030000	Clarificación
7040000	Evaporación
7050000	Tachos

Nota. Ejemplos de códigos de centros de costo. Elaboración propia, realizado con Excel.

2.5.2. Codificación por familia de equipos

Uno de los procedimientos de codificación más utilizados en las plantas industriales para identificar cada uno de los equipos es el establecimiento de un código único, lo que facilita su referencia en órdenes de trabajo, al permitir la

elaboración de registros históricos de fallos e intervenciones, el cálculo de indicadores referidos a equipos y el control de costes.

Existen sistemas de codificación que asignan un único número o código secuencial a cada uno de los equipos. La principal ventaja de emplear este sistema de codificación de tipo correlativo radica en su simplicidad y en la brevedad de los códigos generados. Con sólo 3 o 4 dígitos permite la codificación de la gran mayoría de los equipos presentes en las plantas industriales. Una desventaja significativa de este tipo de codificación es la dificultad asociada con la localización de un equipo específico basado únicamente en su código, se requiere mantener una lista actualizada para establecer la correspondencia entre cada equipo y su código asignado (Garrido, 2003).

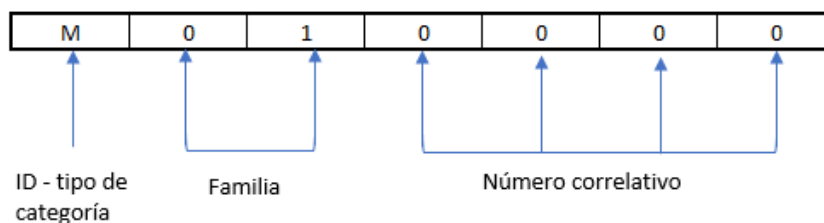
El sistema actual de codificación de San Diego aporta una fuente valiosa de información de cada uno de los activos presentes en el complejo industrial, proporcionando una categorización de los activos en función de su tipo y su respectiva familia específica. La clasificación en familias resulta altamente beneficiosa, ya que facilita la elaboración de listados específicos para distintos tipos de activos, tales como válvulas, motores, bombas, reductores, instrumentos, entre otros. A esta clasificación se le denomina código de activo fijo.

La codificación de los equipos está definida por un código alfanumérico formado por un total de 7 caracteres, con la siguiente estructura: el primer carácter, ubicado desde la izquierda, corresponde al ID o tipo de categoría representado por un carácter alfabético, el siguiente segmento identifica la familia a la que pertenece el equipo mediante dos caracteres numéricos. Finalmente, los últimos cuatro caracteres son numéricos y representan el número correlativo

asignado al equipo dentro de su respectiva familia. En la figura 18 puede verse la estructura del código de un equipo:

Figura 18.

Estructura del código de un equipo



Nota. Ejemplo de estructura del código de un equipo. Elaboración propia, realizado con Excel.

En la tabla 4 se presentan algunos ejemplos de ID o tipos de categorías, que se emplean para la identificación de los activos. El tipo de categoría M – Maquinaria Industrial se emplea para identificar de manera específica todo aquel elemento, equipo o maquinaria utilizado en los distintos procesos de producción.

Tabla 4.

Ejemplos de ID o tipos de categorías

ID - Tipo categoría
J-Mobiliario y Equipo
L-Edificios E Instalaciones
M-Maquinaria Industrial
P-Herramientas Diversas
Q-Instalaciones Eléctricas
S-Equipo De Seguridad
T-Equipo de Computación

Nota. Ejemplo de categorías. Elaboración propia, realizado con Excel.

La tabla 5 muestra ejemplos de las distintas familias a las que un equipo puede pertenecer.

Tabla 5.

Familias a las que un equipo puede pertenecer

Familia	Descripción del equipo
01	Bombas
02	Motores
03	Reductores
04	Rodos de limpieza patio de caña
08	Unidades hidráulicas
09	Equipos de descarga de caña
10	Mesas
11	Conductores
12	Equipos de preparación de caña
13	Niveladores y pateadores
14	Molinos
15	Electroimanes
16	Conductores intermedios de molinos
17	Mazas
18	Coronas

Nota. Ejemplos de las distintas familias a las que un equipo puede pertenecer. Elaboración propia, realizado con Excel.

En la tabla 6 se presentan ejemplos de códigos que se utilizan para la identificación de los equipos del área de extracción.

Tabla 6.*Ejemplos de códigos utilizados para la identificación de los equipos*

Conformación de código de activo			Código de activo	Nombre
ID	Familia	No		
M	14	0007	M140007	Molino 1B
M	01	0516	M010516	Bomba 1 lubricación unidad principal molino 1B
M	01	0515	M010515	Bomba 2 lubricación unidad principal molino 1B
M	01	0525	M010525	Bomba 1 lubricación reductor maza cañera molino 1B
M	01	0526	M010526	Bomba 2 lubricación reductor maza cañera molino 1B
M	01	0527	M010527	Bomba 1 lubricación reductor maza bagacera molino 1B
M	01	0528	M010528	Bomba 2 lubricación reductor maza bagacera Molino 1B
				Motor movimiento reductor planetario masa superior molino 1
M	02	0670	M020670	tándem B
M	02	1566	M021566	Motor ventilación forzada molino 1 tándem B
M	02	1106	M021106	Motor 1 lubricación unidad principal molino 1B
M	02	1105	M021105	Motor 2 lubricación unidad principal molino 1B
				Motor movimiento reductor planetario masa cañera molino 1
M	02	0229	M020229	tándem B
M	02	1634	M021634	Motor ventilador forzado planetario masa cañera molino 1 TB
				Motor 1 Sist. Lubri. Planetario masa bagacera molino 1 tándem
M	02	1166	M021166	B
				Motor 2 Sist. Lubri. Planetario masa bagacera molino 1 tándem
M	02	1167	M021167	B
				Motor movimiento reductor planetario masa bagacera molino 1
M	02	0242	M020242	tándem B
				Motor ventilador forzado planetario masa bagacera molino 1
M	02	1633	M021633	TB
M	02	1173	M021173	Motor 1 Sist. Lubri. Planetario masa cañera molino 1 tándem B
M	02	1174	M021174	Motor 2 Sist. Lubri. Planetario masa cañera molino 1 tándem B
M	03	0368	M030549	Reductor principal molino 1B

Continuación de la tabla 6.

Conformación de código de activo			Código de Activo	Nombre
ID	Familia	No		
M	03	0391	M030562	Reductor maza cañera molino 1B
M	03	0392	M030564	Reductor maza bagacera molino 1B
M	17	0029	M170029	Maza superior molino 1B
M	17	0047	M170047	Maza cañera molino 1B
M	17	0050	M170050	Maza bagacera molino 1B
M	17	0031	M170031	4ta maza molino 1B
M	19	0025	M190025	Unidad lubricación reductor principal molino 1B
M	19	0038	M190038	Unidad lubricación reductor maza cañera molino 1B
M	19	0045	M190045	Unidad lubricación reductor maza bagacera molino 1B
M	45	0664	M450664	Panel lubricación reductor maza cañera molino 1B
M	45	0663	M450663	Panel lubricación reductor maza bagacera molino 1B
M	45	0658	M450658	Panel eléctrico Sist. Lubri. Planetario maza superior molino 1B
M	54	1102	M541102	Transmisor temperatura aceite red. Superior molino 1B
				Transmisor de temperatura salida enfriamiento de aceite caja
M	54	1108	M541108	engranajes masa bagacera molino 1 Tándem B
M	54	1107	M541107	Transmisor temperatura aceite red. Cañero molino 1B
M	54	1211	M541211	Transmisor de nivel muy alto lado derecho molino 1 TB
M	54	1210	M541210	Transmisor de nivel alto lado derecho molino 1 TB
M	54	1204	M541204	Transmisor de nivel bajo lado derecho molino 1 TB
M	54	1205	M541205	Transmisor de nivel muy bajo lado derecho molino 1 TB
M	54	1272	M541272	Transmisor de nivel muy alto lado izquierdo molino 1 TB
M	54	1229	M541229	Transmisor de nivel alto lado izquierdo molino 1 TB
M	54	1228	M541228	Transmisor de nivel bajo lado izquierdo molino 1 TB
M	54	1207	M541207	Transmisor de nivel muy bajo lado izquierdo molino 1 TB
M	54	1199	M541199	Transmisor flotación 1 masa superior izquierdo molino 3B
M	54	1201	M541201	Transmisor flotación 2 masa superior derecho molino 3B
T	10	0091	T100091	Cámara nivel Chute molino 1B

Continuación de la tabla 6.

Conformación de código de activo			Código de Activo	Nombre
ID	Familia	No		
T	10	0120	T100120	Cámara de vigilancia caída molino 1 tandem B

Nota. Ejemplos de códigos utilizados para la identificación de los equipos del área de extracción. Elaboración propia, realizado con Excel.

2.5.3. Estructura jerárquica de los equipos

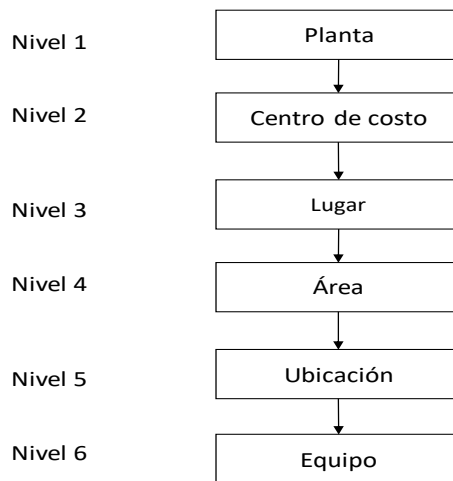
El inventario de los equipos de extracción es útil porque contiene todos los equipos actuales en uso en el área, al permitir elaborar listados de equipos similares para estandarización, y recopilar información básica, por ejemplo, su ubicación, familia a la que pertenece y número correlativo correspondiente. Para optimizar el inventario y obtener información relevante, se expresa esta lista mediante una estructura jerárquica, que indica las relaciones de dependencia de cada uno de los equipos con los restantes, para facilitar la elaboración de los planes y tareas de mantenimiento más convenientes para cada equipo, lo que proporciona información esencial para la evaluación del costo de una parada de producción, su impacto en la seguridad y el costo asociado a una reparación.

A partir de las consideraciones anteriores, es posible examinar la forma actual de la estructura jerárquica de los equipos de extracción en San Diego. Cada equipo ocupa una posición distinta en cada uno de los diferentes procesos involucrados en la fabricación de azúcar, y posee características particulares que lo hacen diferente del resto de equipos.

En la figura 19, se presenta la estructura jerárquica de los equipos en San Diego, donde se destacan los siguientes niveles:

Figura 19.

Estructura jerárquica de los equipos



Nota. Estructura jerárquica de los equipos en San Diego. Elaboración propia, realizado con Excel.

A continuación, se define cada uno de los niveles:

- Nivel 1 – planta: es el centro de trabajo o planta de producción. Está definido como Trinidad - Área Industrial y se encuentra asociado dentro del sistema contable a un área de presupuesto código 32.
- Nivel 2 - centro de costo: como se mencionó en el apartado 2.5.1, los centros de costos son una herramienta estratégica de contabilidad capaz de presentar los resultados del desempeño operacional, permitiendo planificar y controlar los ingresos y egresos por procesos o áreas. Por ejemplo: Molinos, código 7020000.

- Nivel 3 – lugar: se refiere a la división general de la planta industrial en sistemas integrados que se componen de un conjunto de procesos interdependientes, que pueden considerarse como subunidades. Por ejemplo: preparación y extracción, fabrica crudo (L1), fabrica blanco (L2) y Aguas de proceso.
- Nivel 4 – área: es la zona específica de la planta designada para establecer la disposición física de los equipos en el complejo industrial, está asociada a cada uno de los procesos individuales involucrados en la producción, por ejemplo: patio de caña, molinos, clarificación, evaporación, tachos, centrífugas, manejo de azúcar y envasado, y agua de procesos.
- Nivel 5 – ubicación: cada una de las unidades productivas que integran un área, conformando un conjunto único. Por ejemplo: molino 1, molino 2, desfibradora, picadora, mesa de caña 2, clarificador de Jugo 4 L2, entre otros.
- Nivel 6 – equipo o activo fijo: conjunto de elementos que tienen una función común dentro de un equipo padre.

Al utilizar la codificación y el inventario de equipos expuestos previamente, la jerarquización actual resultante de los equipos de extracción sería según lo expuesto en la tabla 7:

Tabla 7.*Jerarquización actual de los equipos de extracción*

	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	
Planta	Descripción planta	Centro de costo	Lugar	Área	Ubicación	Activo	Nombre
32	Trinidad - Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M140007	Molino 1B
32	Trinidad - Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M010516	Bomba 1 lubricación unidad principal Molino 1B
32	Trinidad - Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M010515	Bomba 2 lubricación unidad principal Molino 1B
32	Trinidad - Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M010525	Bomba 1 lubricación reductor maza cañera Molino 1B
32	Trinidad - Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M010526	Bomba 2 lubricación reductor maza cañera Molino 1B
32	Trinidad - Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M010527	Bomba 1 lubricación reductor maza bagacera Molino 1B
32	Trinidad - Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M010528	Bomba 2 lubricación reductor maza bagacera Molino 1B
32	Trinidad - Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M020670	Motor Movimiento Re- ductor Planetario Masa Su-perior Molino 1 Tándem B
32	Trinidad - Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M021566	Motor ventilación forzada molino 1 Tándem B
32	Trinidad - Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M021106	Motor 1 lubricación unidad principal Molino 1B
32	Trinidad - Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M021105	Motor 2 lubricación unidad principal Molino 1B

Continuación de la tabla 7.

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6		
Planta	Descripción planta	Centro de costo	Lugar	Área	Ubicación	Activo	Nombre
32	Trinidad - Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M020229	Motor Movimiento Reductor Planetario Masa Cañera Molino 1 Tándem B
32	Trinidad - Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M021634	Motor Ventilador Forzado Planetario Masa Cañera Molino 1 TB
32	Trinidad - Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M021166	Motor 1 Sist. Lubri. Planetario Masa Bagacera Molino 1 Tándem B
32	Trinidad - Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M021167	Motor 2 Sist. Lubri. Planetario Masa Bagacera Molino 1 Tándem B
32	Trinidad - Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M020242	Motor Movimiento Reductor Planetario Masa Bagacera Molino 1 Tándem B
32	Trinidad - Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M021633	Motor Ventilador Forzado Planetario Masa Bagacera Molino 1 TB
32	Trinidad - Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M021173	Motor 1 Sist. Lubri. Planetario Masa Cañera Molino 1 Tándem B
32	Trinidad - Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M021174	Motor 2 Sist. Lubri. Planetario Masa Cañera Molino 1 Tándem B
32	Trinidad - Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M030549	Reductor principal Molino 1B
32	Trinidad - Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M030562	Reductor maza cañera Molino 1B

Continuación de la tabla 7.

Nivel 1		Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	
Planta	Descripción planta	Centro de costo	Lugar	Área	Ubicación	Activo	Nombre
32	Trinidad – Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M030564	Reductor maza bagacera Molino 1B
32	Trinidad – Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M170029	Maza superior Molino 1B
32	Trinidad – Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M170047	Maza cañera Molino 1B
32	Trinidad – Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M170050	Maza bagacera Molino 1B
32	Trinidad – Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M170031	4ta maza Molino 1B
32	Trinidad – Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M190025	Unidad lubricación Reductor principal Molino 1B
32	Trinidad – Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M190038	Unidad lubricación reductor maza cañera Molino 1B
32	Trinidad – Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M190045	Unidad lubricación reductor maza bagacera Molino 1B
32	Trinidad – Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M450664	Panel lubricación reductor maza cañera Molino 1B
32	Trinidad – Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M450663	Panel lubricación reductor maza bagacera Molino 1B
32	Trinidad – Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M450658	Panel Eléctrico Sist. Lubri. Planetario Maza Superior Molino 1B

Continuación de la tabla 7.

Nivel 1		Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	
Planta	Descripción planta	Centro de costo	Lugar	Área	Ubicación	Activo	Nombre
32	Trinidad – Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M541102	Transmisor Temperatura aceite red. Superior molino 1B
32	Trinidad – Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M541108	Transmisor de Temperatura salida enfriamiento de aceite caja engranajes masa bagacera molino 1 Tándem B
32	Trinidad – Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M541107	Transmisor Temperatura aceite red. Cañero molino 1B
32	Trinidad – Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M541211	Transmisor de Nivel Muy Alto Lado Derecho Molino 1 TB
32	Trinidad – Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M541210	Transmisor de Nivel Alto Lado Derecho Molino 1 TB
32	Trinidad – Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M541204	Transmisor de Nivel Bajo Lado Derecho Molino 1 TB
32	Trinidad – Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M541205	Transmisor de Nivel Muy Bajo Lado Derecho Molino 1 TB
32	Trinidad – Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M541272	Transmisor de Nivel Muy Alto Lado Izquierdo Molino 1 TB
32	Trinidad – Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M541229	Transmisor de Nivel Alto Lado Izquierdo Molino 1 TB
32	Trinidad – Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M541228	Transmisor de Nivel Bajo Lado Izquierdo Molino 1 TB

Continuación de la tabla 7.

Nivel 1		Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	
Planta	Descripción planta	Centro de costo	Lugar	Área	Ubicación	Activo	Nombre
32	Trinidad - Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M541207	Transmisor de Nivel Muy Bajo Lado Izquierdo Molino 1 TB
32	Trinidad - Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M541199	Transmisor Flotación 1 Masa Superior izquierdo Molino 3B
32	Trinidad - Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	M541201	Transmisor Flotación 2 Masa Superior derecho Molino 3B
32	Trinidad - Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	T100091	Cámara Nivel Chute Molino 1B
32	Trinidad - Área Industrial	7020000- molinos	Preparación y extracción	Molinos	Molino 1B	T100120	Cámara de vigilancia caída molino 1 tándem B

Nota. Extracto de la jerarquización actual de los equipos de extracción en San Diego. Elaboración propia, realizado con Excel.

Esta estructura jerárquica es fundamental para el sistema de control de mantenimiento, permitiendo la recopilación de datos que incluyen la identificación precisa de cada uno de los elementos que conforman la planta industrial, indicando la correlación de cada equipo con su respectiva área de aplicación, función específica, centro de costo asociado y su posición física dentro del proceso, facilitando el dimensionamiento adecuado de los equipos de operación, la optimización de las tareas de mantenimiento y la definición precisa de instrumentos, herramientas y maquinaria requeridos para garantizar un rendimiento óptimo en todo el sistema.

En San Diego, el departamento de métodos desempeña un papel importante al proporcionar respaldo en la gestión del mantenimiento, contribuyendo a establecer los pasos esenciales para una gestión de activos efectiva.

Uno de los pilares principales para gestionar eficientemente los activos en una planta industrial, es la aplicación de un proceso de jerarquización de activos físicos, conocido como taxonomía, que implica la agrupación de activos físicos en niveles jerárquicos en función de su uso, localización y subdivisiones de acuerdo con su contexto operativo, estableciendo un orden lógico y claro que simplifica la localización de registros y datos técnicos relevantes (BSI, 2016).

Para efectuar esta jerarquización, se puede emplear la Norma ISO 14224, que constituye una referencia sustancial, ofreciendo una sólida guía para la clasificación de activos en diferentes niveles jerárquicos, incluyendo categorías como clases, sistemas, subsistemas, equipos, componentes y partes.

3. CONCEPTOS DE LA GESTIÓN DE ACTIVOS Y LA NORMA ISO 14224

En la actualidad las empresas deben poseer una visión y un enfoque global que vinculen todas las áreas relacionadas directamente con la obtención de valor a través de los activos de la organización, por medio de objetivos estratégicos encaminados a lograr los estándares requeridos de productividad y calidad, considerando énfasis especial en la gestión de activos y el mantenimiento, como funciones integradoras de la actividad industrial (Institute of Asset Management, 2015).

Las innumerables industrias altamente mecanizadas se enfrentan al desafío de satisfacer a sus clientes, requiriendo que sus activos físicos funcionen de acuerdo con las necesidades de los usuarios, considerando un adecuado diseño, una cuidadosa selección y la aplicación de diversas estrategias de gestión durante todo el ciclo de vida de los activos para generar valor, debido a su relación directa con los factores que contribuyen en la competitividad empresarial.

La gestión de activos representa un cambio cultural en la planeación estratégica de las empresas que incorpora al enfoque tradicional sobre productos y clientes, la visión de los activos y del valor que son capaces de generar a la organización.

3.1. Definición de gestión de activos

Al realizar una exploración rápida a través de un navegador de internet sobre la definición de gestión de activos, se encuentra una amplia gama de resultados asociados con la administración financiera y la inversión, que incurría en términos como gestión financiera de activos, administración de activos inmobiliarios, gestión de instalaciones, administración de activos de infraestructura, entre otros, los cuales se presentaban como casos particulares o enfoques diferentes. Todos estos descriptores calificativos no alteran los principios consistentes de la gestión de activos, independientemente del tipo o naturaleza de los activos que se pretenden gestionar.

La gestión de activos no constituye un concepto nuevo, las organizaciones han estado involucradas en la gestión de sus activos durante un extenso período de tiempo. El término comenzó a utilizarse formalmente a partir de la década de 1980 en los sectores privados y públicos, en múltiples regiones a nivel mundial. Un ejemplo, es la industria del petróleo y gas ubicada en el Mar del Norte, que reconoció el término posteriormente al desastre de la plataforma petrolífera Piper Alpha en el año 1988. Establecieron que era necesario la creación de equipos pequeños y multidisciplinarios para gestionar cada plataforma petrolífera, considerando cada una como un activo, con una visión completa del ciclo de vida generando grandes mejoras en el desempeño, la seguridad y la productividad (Institute of Asset Management, 2015).

En la última década, se ha experimentado un notable crecimiento en la comprensión y los fundamentos de la gestión de activos, evidenciado por el desarrollo de diversas normativas y modelos en diferentes regiones del mundo. Esta disciplina ha experimentado una implantación progresiva y se ha integrado favorablemente en una amplia diversidad de sectores. Este avance ha

contribuido de manera positiva al desarrollo continuo de la disciplina, que está en evolución y permite su incorporación gradual en diversos ámbitos industriales.

Uno de los avances más notable ha sido el desarrollo de la PAS 55 o Especificación Disponible al Público (PAS, por sus siglas en inglés), dirigida por el Instituto de Gestión de Activos (IAM), en colaboración estrecha con el Instituto de Estándares Británicos (BSI), publicada en el año 2004, como consecuencia de la necesidad imperante de un estándar por parte de la industria para la gestión de activos. Este PAS 55 es aplicable en cualquier tipo de organización o industria donde los activos físicos desempeñan un papel fundamental para alcanzar sus metas y objetivos empresariales.

La especificación PAS 55-1 por BSI (2008), define la gestión de activos como, actividades coordinadas, sistemáticas y prácticas a través de las cuales una organización gestiona óptima y sosteniblemente sus activos y sistemas de activos, el desempeño asociado, riesgos y gastos durante su ciclo de vida con el propósito de lograr un plan estratégico organizacional.

PAS 55 está dirigida a optimizar la gestión durante el ciclo de vida completo de los activos, que son vitales para lograr los objetivos estratégicos de la organización. Esto implica desde la decisión para adquirir o crear los activos adecuados, operación y mantención, opciones óptimas de reemplazo, desincorporación y/o disposición.

La norma española UNE-EN 16646, establece de forma más específica la gestión de los activos físicos como, la gestión óptima del ciclo de vida de los activos físicos para alcanzar de forma sostenible los objetivos de negocio establecidos. La gestión de los activos físicos no se focaliza sobre el propio activo, sino sobre el valor que el activo puede proporcionar a la organización. El

valor es específico de la organización y depende del contexto organizativo (Comité Técnico CEN/TC 319 Mantenimiento, 2015) .

Esta norma presenta de forma explícita y estructuradamente el tema de la gestión de activos físicos como marco para las actividades de mantenimiento, establece la relación entre el plan estratégico de la organización y el sistema de gestión del mantenimiento, y determina la conexión entre los procesos de mantenimiento y todos los otros procesos de gestión de activos físicos. También destaca la función y relevancia esenciales del mantenimiento dentro del sistema de gestión de activos físicos durante todo el ciclo de vida del activo.

El Instituto de Gestión de Activos ha trabajado con varias organizaciones del mundo para perfeccionar la disciplina de gestión de activos, al colaborar con la orientación del pensamiento global sobre la gestión de activos, al reconocer los beneficios latentes de alinear enfoques para formar una visión colectiva, y desarrollando su propio modelo conceptual de gestión de activos para explicar los componentes principales y cómo se integran (Institute of Asset Management, 2015).

La gestión de activos es más que hacer cosas para los activos, se trata de usar los activos para obtener valor y alcanzar los objetivos de negocio de la organización; está también ofrece un enfoque distinto, un modo de pensar y una transformación de la alineación organizacional y la cultura. Cada organización debe determinar cuál es el valor y elegir cómo gestionar sus activos para obtener el mejor valor total (Institute of Asset Management, 2015).

En la actualidad, se reconoce que la gestión de activos es de vital importancia para todo tipo de organizaciones, independientemente de su tamaño. La gestión de activos se enfoca en coordinar y optimizar todas las actividades

realizadas por una organización sobre sus activos en cada una de las diferentes etapas de su ciclo de vida, asegurando una alineación efectiva con sus objetivos estratégicos.

3.2. Gestión de activos y la filosofía del RCM

Durante la última década, el mantenimiento ha mostrado un creciente desarrollo, primordialmente por el incremento en número y en diversidad de los activos físicos, mayor complejidad de los diseños, nuevas estrategias y procedimientos de mantenimiento, y una visión cambiante en la organización del mantenimiento y sus compromisos.

En todas las ramas de la industria se generan cambios, ya que exigen nuevas actitudes y habilidades, y la disciplina del mantenimiento no es la excepción. El mantenimiento está mostrando un creciente enfoque en la evaluación del impacto de las fallas de los equipos en términos de seguridad y medio ambiente, además de enfocarse en la estrecha interrelación entre el mantenimiento y la calidad del producto, y la exigencia de obtener una alta disponibilidad y confiabilidad operacional en la planta, manteniendo simultáneamente bajos costos (Moubray, 2004).

Una filosofía que brinda una estructura estratégica integral para desarrollar un modelo coherente se conoce como mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC) o RCM (RCM - *Reliability Centered Maintenance*, por sus siglas en inglés), transformando las relaciones entre los activos físicos existentes, los operadores y las personas que los mantienen, permitiendo que nuevos bienes o activos sean puestos en funcionamiento con gran efectividad, rapidez y precisión.

Moubray (2004), define el RCM o mantenimiento centrado en confiabilidad, como un proceso que se utiliza para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual.

El RCM es un proceso estratégico que permite optimizar las acciones de mantenimiento. Se inicia el proceso con la definición precisa de las funciones y parámetros de operación deseados para cada activo dentro de su contexto operacional. El enfoque central del RCM radica en la imperante necesidad de dirigir la atención hacia las diferentes formas de abordar las fallas que se originan en los diferentes equipos o sistemas por medio de un análisis de todos los potenciales fallos, estudiando sus modos, efectos y consecuencias, determinando qué tareas deben realizarse para que no se produzcan, y ayuda a determinar qué acciones deben realizarse para minimizar las consecuencias de los fallos cuando no se pueden evitar o no ha sido prevenirlos por completo.

Moubray (2004), menciona que el proceso de RCM plantea siete preguntas claves acerca del activo o sistema que se requiere verificar: ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?, ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?, ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?, ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?, ¿En qué sentido es importante cada falla?, ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?, ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?.

A continuación, se presentan determinados beneficios derivados de la implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM):

- Mitigación y eliminación de riesgos relacionados con la seguridad de los equipos y el ambiente.
- Optimización del funcionamiento operacional
- Mejora en el costo-eficacia del mantenimiento
- Prolongación de la vida útil de los componentes
- Establecimiento de una base de datos global adaptable a circunstancias cambiantes
- Fomento de un mejor trabajo en equipos.

El mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) representa una herramienta valiosa destinada a identificar y definir los requerimientos de mantenimiento específicos para cada uno de los activos físicos, con el propósito de garantizar que estos activos continúen desempeñando eficazmente sus funciones dentro del contexto operacional establecido. El RCM se considera parte esencial para el apoyo del cumplimiento de los requerimientos de la gestión de activos, permitiendo una operación confiable y la preservación de la integridad de los activos a un óptimo costo durante su ciclo de vida (Institute of Asset Management, 2015).

3.3. Gestión de activos según la norma ISO 55000

La globalización actual conlleva a la confrontación permanente de todas las empresas a nivel mundial, presenta la obligación de abordar nuevos retos para obtener la competitividad de acuerdo con estándares internacionales, al

afrontar cada compromiso de manera inteligente y responsable buscando continuamente su diferenciación.

Un adecuado diseño, selección y gestión de los activos logra mejorar los resultados del negocio, permite aumentar la rentabilidad de los activos por medio del incremento de la utilidad operacional y la optimización del uso de los activos.

En el año 2014, fueron aprobadas y publicadas por la Organización Internacional de Normalización, las normas de Gestión de Activos: ISO 55000, 55001 y 55002.

La Norma ISO 55000 proporciona un enfoque general de los sistemas de gestión para el manejo de los activos, está dirigida a un público diverso, que incluye:

- Los interesados que buscan mejorar la generación de valor dentro de su organización a partir de su base de activos.
- Los encargados de establecer, implementar y mejorar un sistema de gestión de activos.
- Los involucrados en la planificación, diseño y revisión de las tareas relacionadas con la gestión de activos.

La aplicación de la Norma ISO 55000 permite a una organización alcanzar sus objetivos por medio del manejo eficaz y eficiente de sus activos. La adopción de un sistema de gestión de activos garantiza que estos objetivos se puedan lograr consistente y sosteniblemente a lo largo del tiempo.

ISO 55000:2014, desarrolló una definición concisa y clara para la gestión de activos como la actividad coordinada de una organización para obtener valor a partir de los activos.

Una breve búsqueda de la definición de activo en internet mostraría muchos resultados relacionados con temas financieros. Es un conjunto de todos los bienes y derechos con valor monetario que son propiedad de una empresa, institución o individuo.

ISO 55000:2014 define un activo como un activo es algo que posee valor potencial o real para una organización. El valor puede variar entre diferentes organizaciones y sus partes interesadas y puede ser tangible o intangible, financiero o no financiero.

La gestión de activos permite reconocer las necesidades y la evaluación del desempeño de los activos y de los sistemas de activos en distintos niveles, proporciona un enfoque analítico y estructurado acerca de la gestión de un activo desde la concepción de la necesidad del activo hasta su eliminación, e incluye responsabilidades potenciales posteriores a su disposición. Las organizaciones deben considerar políticas eficientes de activos y controles efectivos para generar valor por medio de la gestión de riesgos, con el propósito de lograr el balance de costos y oportunidades respecto el desempeño deseado de los activos (Institute of Asset Management, 2015).

La gestión de activos se encarga de convertir los objetivos organizacionales en acciones concretas, planes estratégicos y decisiones relacionadas con los activos, empleando un enfoque basado en la evaluación y mitigación de riesgos. La organización depende de una diversidad de activos interrelacionados para su operación óptima, que incluyen activos físicos, recursos

humanos, financieros, de información y activos intangibles. La gestión de activos se considera exitosa cuando se obtienen los resultados más destacados en términos de desempeño, asegurando la alineación con la estrategia y los objetivos empresariales.

3.4. Taxonomía de los activos físicos

En las empresas, independientemente su tipo o tamaño, poseen una diversidad de activos físicos para sus distintos procesos, algunos son móviles y otros fijos, cada uno ocupando una posición distinta y con características propias.

En el transcurso de la última década, ha surgido de manera notable un cambio en la perspectiva del mantenimiento, al pasar de una estrategia reactiva que se enfocaba en reparar solo cuando surgía una falla, hacia una perspectiva orientada a maximizar la disponibilidad durante el ciclo de vida de los activos físicos, lo que facilita la atención de los requisitos de operación y la implementación de acciones dirigidas a mejorar el desempeño, a la preservación y a la restitución de la función de los equipos.

Una tarea primordial antes de implementar una estrategia de mantenimiento, incluso en las instalaciones más pequeñas y simples, consiste en determinar qué activos poseen, cuántos son y dónde están ubicados, examinando cada uno de los equipos con cierto nivel de detalle, en necesario evaluar qué tareas de mantenimiento resultan rentables y cuáles no lo son. Esto implica la necesidad de preparar un registro de toda la planta, se deben incluir equipos y edificios, que requieren mantenimiento de cualquier tipo (Institute of Asset Management, 2015).

Con el fin de mejorar la optimización de las tareas de mantenimiento más convenientes para cada equipo, es esencial realizar una evaluación que considere no solo el tipo de instalación o las características del equipo, también se debe considerar una serie de factores importantes, como el costo de reparación, el costo de una parada de producción, su influencia en la seguridad y el ambiente.

El origen de la palabra taxonomía se deriva del vocablo griego *táxis*, que se traduce como ordenación.

Otra definición es la ciencia que trata de los principios, métodos y fines de la clasificación. Se aplica en particular, dentro de la biología, para la ordenación jerarquizada y sistemática, con sus nombres, de los grupos de animales y de vegetales.

En términos generales, todo posee una clasificación o jerarquía. Uno de los primeros aportes destacados para establecer una ordenación coherente del mundo, fue presentado por el científico y naturalista sueco Carl von Linné, conocido tradicionalmente en español como Carlos Linneo. Su objetivo primordial fue desarrollar un método simple y efectivo para facilitar la identificación y clasificación de la diversidad de seres que componen la naturaleza. Su método se sustenta en dos pilares: la clasificación y la nomenclatura. Carlos Linneo elaboró clasificaciones de carácter descendente, comenzando por las formas más complejas y finalizando en aquellas de organización más sencilla.

En la década de los años 80, en un período trascendental de cambio de perspectivas y estrategias en la disciplina del mantenimiento, John Moubray desempeñó un papel fundamental al describir una filosofía que establece la estructura del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), y presenta unos

principios esenciales para la elaboración de las estructuras jerárquicas, permitiendo generar referencias relevantes y fundamentos para la formulación de futuras normativas. La implementación de esta metodología requiere mantener un registro de todos los equipos en la planta, permitiendo un seguimiento efectivo de los activos que ya han sido analizados, los que están pendientes y los que no se analizarán. Esto es posible mediante el desarrollo de una jerarquía mostrando las funciones primarias de cada uno de los activos. La jerarquía funcional se utiliza para señalar las relaciones entre funciones del mismo nivel. Estos generalmente se conocen como diagramas funcionales de bloque, son útiles para detallar que activo o sistema es capaz de cumplir cada requisito funcional (Moubray, 2004).

Dentro de las normas internacionales, la Asociación Noruega de Petróleo y Gas, emitió en 2001 la primera edición del estándar NORSOK Z008 - Análisis de criticidad para propósitos de Mantenimiento, con el objetivo de establecer los requisitos necesarios para la preparación y la optimización de los programas de mantenimiento en las plantas de gas y petróleo, por medio de un eficiente y racional proceso de trabajo basado en el análisis de riesgo y el costo-beneficio. En este estándar se menciona la jerarquización funcional como un diagrama lógico que relaciona todas las funciones de la planta, seleccionando las funciones principales y las subfunciones. Resume el desglose de los sistemas en elementos adecuados para el análisis de criticidad, permitiendo tomar decisiones basadas en los riesgos relacionados con la gestión de las actividades de mantenimiento. En la actualización del 2011, del estándar NORSOK Z008, se incorpora la definición de jerarquía técnica, que describe la estructura técnica de la instalación proporcionando los identificadores únicos funcionales de localización. Esta jerarquía es fundamental para la gestión del mantenimiento, permite adquirir un panorama general de las unidades de equipos en grupos o conjuntos, y muestra la relación entre el equipo principal y sus componentes (BSI, 2008).

A finales de la década de los años 90, la Organización Internacional de Normalización (ISO, por sus siglas en inglés), emitió la primera edición de la norma ISO 14224 - Recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos para la industria del petróleo y del gas natural, incorporando por primera vez el término taxonomía, un método sistemático para jerarquización de activos físicos que permite su agrupación en niveles taxonómicos, estableciendo relaciones con el uso, ubicación y subdivisión de equipos, considerado como base fundamental en la gestión del mantenimiento y la confiabilidad.

Los principales propósitos de la taxonomía de activos son los siguientes:

- Indicar las interdependencias técnicas que existen en toda la instalación o planta.
- Registrar sistemáticamente los equipos, repuestos, documentos y planos relevantes.
- Registrar y documentar datos históricos relacionados con el mantenimiento.

La implementación de la taxonomía de activos físicos presenta los siguientes beneficios:

- Facilita la obtención de información documentada sobre la totalidad de los equipos que conforman la planta, permitiendo la identificación de aquellos que generan valor.

- Posibilita la realización de análisis técnicos que contribuyen a la preservación óptima de la función de los activos físicos.
- Proporciona un historial completo de los activos físicos por medio de reportes detallados y órdenes de mantenimiento.

Todo lo anterior representa los principales aportes de la clasificación, jerarquización y desagregación de equipos, que establecen la base técnica del origen de la taxonomía de activos físicos, indispensable para obtener la máxima rentabilidad sobre activos físicos durante todas las etapas de su ciclo de vida y como base de una buena estrategia en la gestión del mantenimiento de los activos, con el propósito de aumentar su confiabilidad, extender su vida útil, garantizar el desempeño de su función, mitigar el riesgo y optimizar costos (Institute of Asset Management, 2015).

3.4.1. Definición de sistema

Se considera sistema a un grupo de equipos relacionados entre sí ordenadamente y clasificados categóricamente, utilizados para realizar determinada función requerida, conformando una sección o proceso específico dentro de la planta industrial.

Un sistema ocupa uno de los niveles superiores de categorización, que describe su ubicación dentro de la planta. En los sistemas se pueden determinar entradas y salidas, relacionados con intercambios de materia y energía, estableciendo interdependencia de los distintos procesos de la planta (BSI, 2016).

3.4.2. Definición de equipo

Un equipo es un grupo de subsistemas, componentes y partes fijas o móviles, permitiendo realizar una función de trabajo con un propósito determinado dentro del proceso.

El equipo comprende el nivel más alto de la clasificación taxonómica del equipo, designado como nivel 6. Se puede categorizar en clases de equipos similares, cada clase de equipo incluye unidades de equipos equiparables.

Según BSI (2016) es un equipo específico dentro de una clase de equipo definido por sus límites.

3.4.3. Definición de subsistema o subunidad

Es un subconjunto de elementos necesarios para la función de un equipo, contribuyendo al rendimiento esperado. Son subunidades constituidas principalmente por componentes mantenibles interdependientes, realizando funciones específicas requeridas por el equipo.

De acuerdo con BSI (2016), es un montaje de ítems que proporciona una función específica que es requerida por el equipo dentro del límite principal para lograr un desempeño esperado.

3.4.4. Definición de ítem mantenible o componente

Es la unidad final de la subdivisión de un equipo, cada componente tiene una función específica en un subsistema, permitiendo generalmente su sustitución o restauración cuando ocurre una falla evitando una pérdida de la

disposición del sistema, para que el equipo continúe realizando la función requerida.

Los componentes son todos los elementos que requieren ejecución de tareas de mantenimiento, con el objetivo de obtener la confiabilidad deseada.

Un ítem es el que constituye una parte o un ensamble de partes que normalmente están en el nivel más bajo en la jerarquía de equipos durante el mantenimiento (BSI, 2016).

3.4.5. Definición de parte o pieza

Es una parte individual del componente, que cumple una función básica.

Este es el último nivel de la taxonomía, designado como nivel 9, se desglosa completamente el componente hasta la mínima parte, describiendo las especificaciones de cada pieza según sea requerido, finalizando la segregación completa del equipo.

3.5. Beneficios de la información confiable en mantenimiento

Actualmente muchos de los propietarios o gerentes de plantas buscan constantemente incrementar la confiabilidad de los equipos para mejorar la disponibilidad de las instalaciones operativas, reducir pérdidas en la producción y costos de mantenimiento, lo que representa un alto costo anual.

En ciertas ocasiones, las empresas no reconocen en el mantenimiento, la importancia del registro ordenado y sistemático de datos bajo un criterio estándar, generando problemas adicionales de interpretación y reproducibilidad,

complicando el desarrollo de los cálculos y análisis, fundamentales para la administración y toma de decisiones. Aunque no todas las fallas son catastróficas, una mayor claridad y especificación de las causas de los eventos de falla es trascendental para priorizar y aplicar acciones de mantenimiento, logrando mejorar la confiabilidad, la rentabilidad y la seguridad.

Con el propósito de combinar datos de varios equipos dentro de la planta, entre plantas o dentro de un rubro industrial, se requiere establecer los datos que son útiles para la recolección e intercambio y que se registren en un formato compatible.

Los beneficios que se obtienen de los análisis de datos de confiabilidad y mantenimiento se incluyen, optimizar el programa de inspecciones y revisiones de los equipos, complementar el contenido de los procedimientos de mantenimiento, realizar el análisis de costo del ciclo de vida, optimizar el programa de repuestos y modernizaciones, incluyendo mejoras en la toma de decisiones, reducciones en fallas catastróficas, mayor disponibilidad e impactos medioambientales reducidos (BSI, 2016).

3.6. Norma ISO 14224:2016

La norma ISO 14224, Industrias de petróleo, petroquímica y gas natural — recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos en la cual está basado el BS EN ISO 14224:2016 establece directrices detalladas para la recopilación de datos de confiabilidad y mantenimiento en una forma estructurada, proporciona un formato específico para los equipos de todas las áreas de la industria del petróleo, durante su ciclo de vida operacional completo. También proporciona una guía de las prácticas de aseguramiento para garantizar el control de calidad de los datos, facilitando el intercambio de información.

Este estándar internacional define los requerimientos que debe cumplir cualquier sistema de datos de confiabilidad y mantenimiento para el intercambio y combinación de datos, permitiendo establecer los objetivos de rendimiento y requisitos para la confiabilidad de los equipos, y comparar con otros equipos de características similares. Además, proporciona recomendaciones con relación a la mínima cantidad de datos que se requiere recopilar, enfatizando en dos objetivos principales: especificar los requisitos de datos a recolectar y establecer un formato estandarizado de datos, con el propósito de permitir el intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento entre plantas, asegurando que los datos son adecuados y de calidad para la utilización en los diferentes análisis requeridos.

BSI (2016) menciona que la taxonomía es una clasificación sistemática de ítems en grupos genéricos basados en factores posiblemente comunes a varios ítems.

Este estándar describe la jerarquización en niveles taxonómicos de equipos específicamente asociados al negocio del petróleo, petroquímica y gas natural, sin embargo, puede ser aplicado a empresas de diferentes rubros, utilizado como guía para el registro y manejo de datos de mantenimiento y confiabilidad, considerando la clasificación de sus equipos en: clases, tipos, sistemas, subsistemas, componentes e ítems mantenibles, en un orden lógico, claro y desagregado, permite realizar análisis y toma de decisiones dentro del ámbito de la gestión de mantenimiento.

3.7. Calidad de datos

La certeza de los datos de confiabilidad y mantenimiento recolectados, y cualquier tipo de cálculo y análisis que se deriven de ellos, dependen

directamente de la información confiable y de la calidad de los datos obtenidos durante la recopilación, permitiendo evitar problemas adicionales de interpretación y reproducibilidad.

De acuerdo con BSI (2016), los datos de alta calidad poseen las características siguientes:

- Integridad de datos en relación con la especificación.
- Cumplimiento con definiciones de parámetros de confiabilidad, tipos de datos y formatos.
- Entrada, transferencia, manejo y almacenamiento de datos con alto grado de exactitud (manual o electrónicamente).
- Suficiente población y periodo de vigilancia adecuada para proporcionar confianza estadística.
- Relevancia de los datos para las necesidades de los usuarios.

3.7.1. Medidas de planificación

Antes de iniciar el proceso de recopilación de datos, es imprescindible destacar y considerar las siguientes disposiciones esenciales que contribuyen significativamente a garantizar la alta calidad de los datos obtenidos.

- Determinar el objetivo de la recopilación de datos con el propósito de recopilar datos significativos para el uso designado o la utilización en los múltiples análisis de mantenimiento y confiabilidad.

- Verificar el origen de los datos para garantizar que los datos de calidad requeridos sean suficientes y estén disponibles.
- Establecer de manera precisa la información taxonómica de cada equipo que será incorporada en la base de datos.
- Determinar información de la fecha de instalación, la categoría y los periodos de funcionamiento para los equipos que es factible recopilar datos.
- Especificar los límites correspondientes para cada categoría o clase de equipo, definiendo los datos de confiabilidad y mantenimiento necesarios a recolectar.
- Determinar los controles adecuados empleados para verificar la calidad de datos.
- Establecer el nivel de especificación de los datos de confiabilidad y mantenimiento documentados y recopilados, para asociar directamente la relevancia del equipo con respecto a la producción y la seguridad.
- Elaborar la planificación y programación detallada del proceso integral de recopilación de datos.
- Definir una estrategia para la estructuración y presentación de los datos, y diseñar un método adecuado para transferir los datos desde la fuente de origen al banco de datos de confiabilidad, garantizando un proceso eficaz.

- Brindar capacitación, fomentar la motivación y establecer una estructura organizativa eficiente para el personal encargado de recolectar datos.
- Elaborar un plan integral para garantizar la calidad del proceso de recopilación de datos y en los resultados obtenidos, considerando los procedimientos para el control de calidad de los datos y la corrección de cualquier desviación identificada.

3.7.2. Verificación de calidad

Durante la recopilación de datos y posteriormente al proceso, es esencial realizar un análisis de los datos para comprobar la consistencia, la correcta codificación y la adecuada interpretación de acuerdo con las medidas planeadas. Es importante documentar este proceso de verificación de la calidad. Adicionalmente es indispensable asignar una identificación única a cada dato registrado, en el caso de consolidación de las bases de datos individuales.

Determinar la calidad de los datos recopilados de manera temprana durante el proceso de recopilación de datos, en concordancia con las medidas planeadas y por medio de un método apropiado de evaluación efectuada por el recopilador de datos, siguiendo las directrices específicas a considerar sobre las medidas de calidad, en conformidad con las medidas planeadas. El principal propósito de esta inmediata evaluación es detectar cualquier interrogante o problema que requiera de una revisión rápida de las medidas planeadas para evitar la recopilación de datos no deseados.

Personal diferente a los recopiladores de datos realiza una verificación de la calidad de cada registro individual de datos y el modelo de confiabilidad total

expresado por la adición de los diferentes eventos individuales, conforme a las medidas planeadas (BSI, 2016).

3.7.3. Limitaciones y problemas

En el proceso de recolección de datos es necesario considerar determinados problemas y limitaciones que surgen ineludiblemente al obtener los datos de calidad.

BSI (2016) indica ciertos retos y recomendaciones relacionadas con determinados aspectos particulares que son fundamentales para la obtención de los datos de alta calidad. Estos se detallan en la tabla 8.

Tabla 8.

Retos y recomendaciones de la obtención de los datos de calidad

Tema	Desafíos
Fuente	La fuente de datos puede carecer de los datos requeridos y la fuente de información puede distribuirse en varios sistemas diferentes (computadores, archivos, libros, planos). Se recomienda evaluar cuidadosamente este aspecto en las medidas de planificación con el fin de evaluar la calidad de datos, métodos de recolección y costos.
Interpretación	Los datos se compilan comúnmente desde la fuente en un formato estandarizado (base de datos). En este proceso, los datos de la fuente se pueden interpretar de manera diferente por varios individuos. Definiciones correctas, capacitación y controles de calidad pueden reducir este problema.
Formato de datos	El uso de campos codificados es fundamental para asegurar la eficiencia de la recolección de datos y la consistencia de los datos ingresados (p.ej. codificación correcta de un fabricante). Sin embargo, el texto libre se debe incluir, además de los códigos para describir situaciones inesperadas o poco claras.

Continuación de la tabla 8.

Tema	Desafíos
Método de recolección de datos	La mayoría de los datos requeridos para esta categoría de la recolección de datos, hoy en día están almacenados en sistemas computarizados (p.ej. CMMIS). Mediante el uso de algoritmos de conversión y <i>software</i> de vanguardia, es posible transferir datos entre diferentes bases de datos computarizados en una forma (semi) automatizada, con el fin de ahorrar costos.
Competencia y Motivación	La recolección de datos en forma manual “normal” se puede convertir en un ejercicio tedioso y repetitivo. Por lo tanto, se debe emplear personal con conocimientos suficientes de sus tareas, evitando el uso de personal con bajas competencias/experiencia, ya que la calidad de los datos puede sufrir, y encontrar medidas para estimular al staff de recolección de datos de RM, p.ej. mediante la capacitación, realizando visitas a la planta e involucrándolos en análisis y aplicación de resultados. Otros ejemplos de retroalimentación en los resultados de recolección de datos involucran procesos de QA, campos de información relevantes en el CMMIS de la instalación para estimular la calidad de los informes, entre otros.

Nota. Problemas, limitaciones y almacenaje. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.7.4. Fuentes de datos

Los sistemas de información de gestión de mantenimiento computarizado comprenden la principal fuente para la obtención de datos de confiabilidad y mantenimiento. La calidad de los datos que se pueden adquirir desde esta fuente depende, en primer lugar, de la forma que son reportados los datos. La obtención de los datos de confiabilidad y mantenimiento, de acuerdo al estándar internacional ISO 14224: 2016 debe ser considerada en el sistema de gestión de mantenimiento computarizado de la empresa, brindando así un soporte más

sólido y consistente para la transferencia de los datos de confiabilidad y mantenimiento al equipo.

Otros recursos de información pueden localizarse a través de los diferentes medios, por ejemplo: archivos, libros y planos. El uso adecuado de la información en el sistema de gestión de mantenimiento computarizado de la empresa estimulará la calidad de los informes. La información generada, por ejemplo: la retroalimentación de los resultados de la recolección de datos puede difundirse a través de los distintos sistemas (BSI, 2016).

3.7.5. Métodos de recolección de datos

El proceso específico para la recopilación de datos comprende la compilación de datos de diferentes fuentes en una única base de datos, considerando el tipo y formato de los datos predeterminados. A continuación, se detalla un método que se emplea frecuentemente.

- Examinar todas las fuentes de datos disponibles, extraer los datos generales destacados para su almacenamiento inmediato. Si poseen información contenida en un sistema computarizado, se debe extraer la información concerniente utilizando cualquier método adecuado.
- Analizar y convertir la información en el tipo y formato requerido para la base de datos de destino.
- Transferir los datos desde la fuente al banco de datos empleando un método adecuado. Se puede utilizar para transferir los datos desde una base de datos a otra, una herramienta de *software* comprobado para usarse con la conversión deseada de lenguaje. Estos métodos requieren

un costo inicial adicional, siendo rentables sólo para grandes cantidades de datos o recopilación de datos repetitivos de la misma clase.

- Los métodos utilizados para recolectar datos afectan de manera sustancial el análisis de costo-beneficio de la recopilación de datos. Por consiguiente, es fundamental planificar y validar cuidadosamente estos métodos antes de iniciar el proceso principal de recopilación.

3.8. Límites del equipo

Es fundamental establecer una descripción precisa de los límites de los equipos para la recopilación, consolidación y análisis de datos de confiabilidad y mantenimiento, lo que permite la compatibilidad de los datos y facilita la interacción entre operadores y fabricantes de equipos.

Para cada clase de equipo, es esencial la definición del límite para especificar qué datos de confiabilidad y mantenimiento deben ser recolectados. Este límite se puede presentar a través de una representación gráfica, una definición textual o una combinación de ambas para mayor claridad y comprensión.

Las definiciones textuales adicionales deben indicar con mayor detalle y claridad lo que se considera dentro y fuera del límite. La determinación de los límites evita la superposición o la duplicidad entre diferentes clases de equipos.

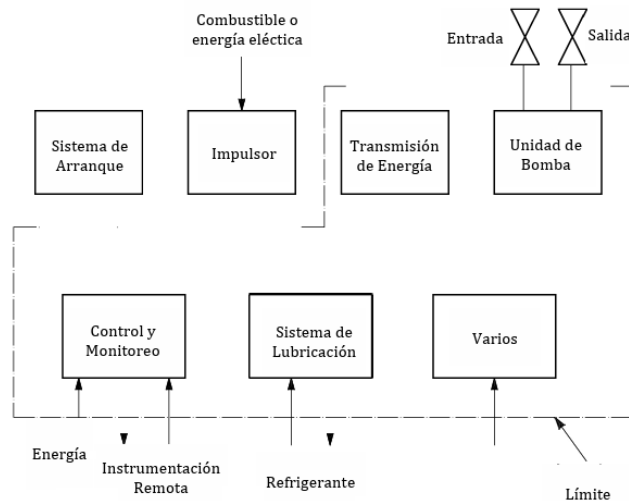
BSI (2016) proporciona una guía para la adecuada delimitación de equipos empleados en la industria de petróleo. Dado que no hay criterios absolutos aplicables para cada sector industrial, cada planta o empresa puede definir los

límites de sus equipos utilizando sus propios criterios o el manual proporcionado por el fabricante como referencia.

La figura 20 ilustra un ejemplo de un diagrama que permite determinar los límites de un equipo mediante una representación gráfica.

Figura 20.

Ejemplo de diagrama de límites (bomba)



Nota. Ejemplo de diagrama de límites (bomba). Obtenido de BSI. (2016). *BS EN ISO 14224:2016: Prólogo Nacional*. BSI Standards Limited 2016. (p. 37).

BSI describe el siguiente ejemplo de la definición del límite de un equipo relacionado a la figura anterior, el límite se aplica tanto a las bombas de servicio general como a las bombas contra incendios. Las válvulas de entrada y de salida y el filtro de succión no se encuentran dentro de este límite. Los equipos de impulsión (motor eléctrico, turbina a gas o motor de combustión) se registran como inventarios separados y es importante que las fallas en la impulsión, si se registran, sean registradas como parte de los equipos de impulsión. Un número

en el inventario de las bombas nos da una referencia apropiada del inventario de accionamiento (BSI, 2016).

3.9. Taxonomía

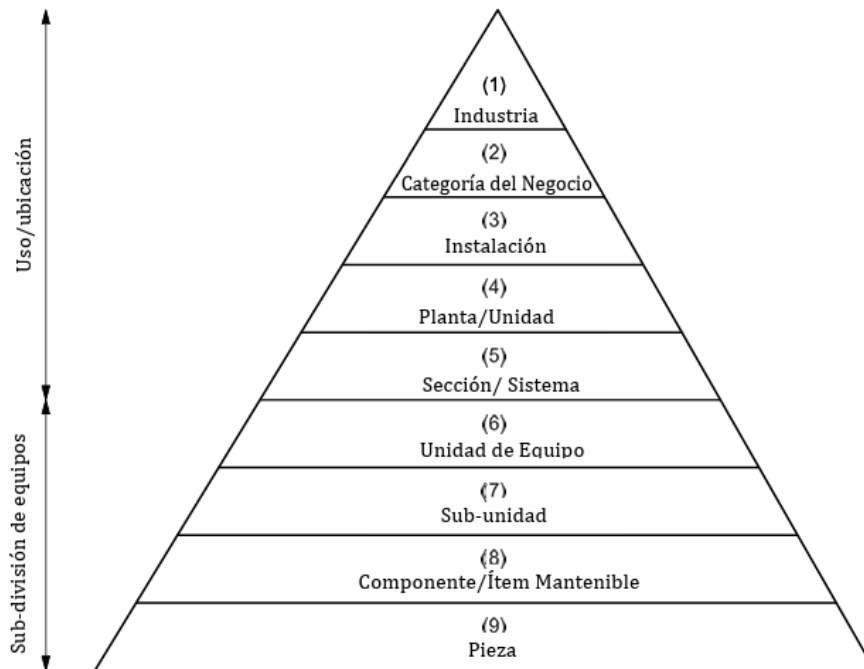
La taxonomía es una metodología para la jerarquización de activos físicos, mediante la clasificación sistemática de los activos en grupos genéricos basados en datos comunes, especificando las partes, componentes, subsistemas y unidades funcionales que los conforman, determinando la cantidad y tipo de activos, dónde están localizados y su condición desde niveles superiores a inferiores de la empresa, permitiendo optimizar las inversiones y gastos operativos, determinación de la vida útil y mejoras en la eficiencia de los recursos. Adicionalmente, la taxonomía forma parte fundamental dentro de la gestión de activos.

La taxonomía es estructurada con múltiples niveles de clasificación, cada nivel subsecuente posee relaciones de características más específicas, permitiendo el análisis consistente de la información desde diferentes enfoques.

BSI (2016) plantea una clasificación de datos importantes a recopilar, representada por una jerarquía de activos compuesta por 9 niveles taxonómicos, como se muestra en la figura 21.

Figura 21.

Clasificación de la taxonomía con niveles taxonómicos



Nota. Clasificación de la taxonomía. Obtenido de BSI. (2016). *BS EN ISO 14224:2016: Prólogo Nacional*. BSI Standards Limited 2016. (p. 38).

Los primeros cinco niveles establecen un nivel alto de clasificación por categorías con énfasis en el contexto operativo, es decir, su aplicación en los centros de trabajo, las plantas y la industria, y su ubicación en el proceso, indistintamente de los equipos implicados, permitiendo analizar la confiabilidad de equipos similares. La información recolectada en estos niveles se deberá incluir en la base de datos para cada equipo en una sección denominada, datos de uso/ubicación.

Los niveles subsiguientes, del 6 al 9, representan la relación de la unidad funcional o equipo con la subdivisión de los niveles de grado inferior,

estableciendo una relación padre-hijo. La norma ISO 14224 enfatiza en el nivel 6, la unidad funcional o equipo, para la recopilación de datos de confiabilidad y mantenimiento, y refiere de forma indirecta sobre los elementos de menor grado, como las subunidades y componentes.

Para determinar los niveles de subdivisión para la recopilación de datos de confiabilidad y mantenimiento es completamente dependiente de la complejidad de la unidad de equipo y de la utilización de los datos. Por ejemplo, un instrumento básico puede que no requiera mayores especificaciones, mientras que para una turbina de vapor pueden ser requeridos varios niveles.

Los datos recopilados a nivel de equipo pueden ser únicamente los datos necesarios para el análisis de disponibilidad, mientras que para el análisis de confiabilidad y el análisis de causa raíz puede ser necesario recopilar datos sobre la falla en el elemento a nivel del componente o de las piezas.

En la figura 22 se ilustra un ejemplo de la taxonomía para la industria de petróleo, petroquímica y gas natural, presentando los niveles taxonómicos, el flujo del negocio y tipos de equipos.

Figura 22.

Ejemplos de taxonomía

Categoría Principal	Nivel Taxonómico	Jerarquía de Taxonomía	Definición	Ejemplos
Datos de uso/ ubicación	1	Industria	Tipo de industria principal	Petróleo, gas natural, petroquímica
	2	Categoría del Negocio	Tipo de negocio o flujo de procesos	Upstream (E y P), midstream, Downstream (refinería), petroquímica
	3	Categoría de Instalación	Tipo de instalación	Producción, transportación, perforación de petróleo y gas, LNG, refinería, petroquímica (Véase Tabla A.1)
	4	Categoría de Planta/ Unidad	Tipo de planta/unidad	Plataforma, semi-sumergible, hidrocrackeo, craqueo de etileno, polietileno, planta de ácido acético, planta de metanol (Véase Tabla A.2)
	5	Sección/ Sistema	Sección/sistema principal de la planta	Compresión, gas natural, licuefacción, gasoil de vacío, regeneración de metanol, sección de oxidación, sistema de reacción, sección de destilación, sistema de carga del tanque (Véase Tabla A.3)
Subdivisión de equipos	6	Clase de equipo/ unidad	Clase de equipos similares. Cada clase de equipo contiene unidades de equipos comparables (ej. compresores).	Intercambiadores de calor, compresores, tuberías, bombas, turbinas a gas, boca de pozo submarina y árboles de navidad, botes salvavidas, extrusoras, BOPs submarinos (Véase Tabla A.4)
	7	Sub-unidad	Un subsistema necesario para la función del equipo	Sub-unidad de lubricación, sub-unidad de enfriamiento, control y monitoreo, subunidad de calentamiento, sub-unidad de peletización, sub-unidad de extinción, sub-unidad de refrigeración, sub-unidad de reflujo, sub-unidad de control distribuido
	8	Componente/ Ítem Mantenible (MI) ^a	El grupo de piezas del equipo que comúnmente se mantienen (se reparan/se restauran) como un todo	Enfriador, acoplamiento, caja de engranaje, bomba de aceite de lubricación, circuito de instrumento, motor, válvula, filtro, sensor de presión, sensor de temperatura, circuito eléctrico
	9	Pieza ^b	Una parte individual del equipo	Sello, tubo, carcasa, accionador, junta, placa de filtro, perno, tuerca etc.
^a Para algunos tipos de equipos, es posible que no exista un MI; p.ej. Si la clase de equipos es de tuberías, puede que no haya un MI, pero el componente puede ser el "codo". ^b Este nivel puede ser útil en algunos casos, sin embargo, se considera opcional en este Estándar Internacional.				

Nota. Ejemplos. Obtenido de BSI. (2016). *BS EN ISO 14224:2016: Prólogo Nacional*. BSI Standards Limited 2016. (p. 39).

3.10. Datos recomendados para equipos

Es recomendable recopilar determinados datos comunes del equipo para todas las clases de equipos. Estos datos se pueden utilizar para comparar el rendimiento de los equipos. El equipo que posee un diseño particular puede requerir una categorización específica. Es esencial considerar el costo asociado con la obtención de los datos en la recopilación, y el valor de los datos en relación con los requerimientos establecidos para la definición de cada clase de equipo en su correspondiente análisis costo-beneficio.

Una limitación de los datos que pueden ser recopilados es la accesibilidad de los datos en las distintas fuentes de datos. Es necesario establecer una valoración para reflejar la importancia de cada tipo de dato. Adicionalmente se deben considerar las características específicas de diseño para cada clase de equipo de acuerdo con el requerimiento inicial del alcance para una adecuada categorización del equipo (BSI, 2016).

3.10.1. Categoría de datos

Es fundamental recopilar los datos de confiabilidad y mantenimiento de manera sistemática y estructurada. Una categoría principal de datos a recopilar se centra en los datos relacionados con el equipo.

Datos del equipo o de inventario: contiene la descripción del equipo, el nivel 6 de la taxonomía, que se caracteriza por los siguientes datos.

- Datos de identificación
- Datos de diseño
- Datos de operación

Es esencial estandarizar esta categoría de datos para todas las clases de equipos. Adicionalmente, se pueden incorporar datos específicos requeridos para cada clase de equipo (BSI, 2016).

3.10.2. Formato de datos

Cada dato registrado se debe identificar en la base de datos mediante un determinado número de sus atributos que describan una parte de la información. Es recomendable codificar cada atributo, siempre que sea posible. Las ventajas de esta configuración para ingresar datos comparado al texto libre son las siguientes:

- Simplificación para realizar consultas y análisis de datos
- Facilitar el ingreso de datos
- Revisión de consistencia durante el ingreso de datos, empleando códigos predefinidos.

Se debe optimizar el rango de códigos predefinidos. Un rango de códigos reducido es demasiado genérico y no sería útil. Un rango grande de códigos suministra una descripción más específica, pero retrasa el ingreso de datos y posiblemente el personal no utilizará todos los códigos.

La desventaja de poseer una lista de códigos predefinidos en comparación al texto libre es que puede perderse cierta información detallada. Se recomienda incluir campos adicionales de texto libre que brinden información aclaratoria significativa, facilitando la revisión de la calidad de la información y la búsqueda en cada registro para extraer información específica (BSI, 2016).

3.10.3. Estructura de base de datos

Los datos recopilados se deben organizar e integrar en una base de datos con el fin de facilitar el acceso para realizar actualizaciones, consultas y análisis. Un elemento particular de la organización de la base de datos es la estructura lógica.

- La estructura lógica determina los enlaces lógicos y la jerarquía existente entre las clases principales de datos en la base de datos.

En el estándar BSI (2016) se ilustra un ejemplo en una figura que exhibe una estructura jerárquica que integra registros de fallas y mantenimiento asociados al equipo, la cual se muestra en la figura 23.

Figura 23.

Ejemplo de la estructura lógica de datos

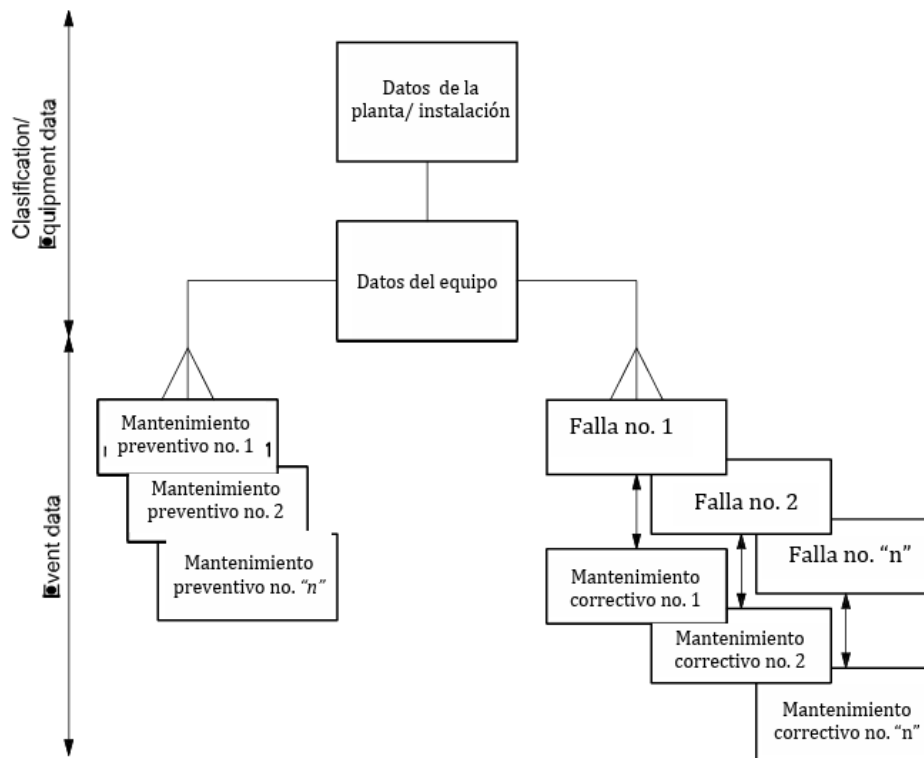


Figura 5 — Estructura lógica de datos (ejemplo)

Nota. Ejemplo de estructura lógica de datos. Obtenido de BSI. (2016). *BS EN ISO 14224:2016: Prólogo Nacional*. BSI Standards Limited 2016. (p. 45).

3.10.4. Datos de equipos

La base principal para la recopilación de datos de confiabilidad y mantenimiento es la clasificación de los equipos de acuerdo con datos técnicos, operativos y medioambientales, permitiendo determinar si los datos son válidos para varias aplicaciones. Es posible establecer ciertos datos comunes para todas

las clases de equipos y otros datos específicos para una clase de equipo en particular.

La incorporación de otras categorías de datos adicionales puede mejorar la utilidad de los datos de confiabilidad y mantenimiento. Los datos recopilados a nivel de equipos deben permitir una intercambiabilidad de los datos del usuario y del fabricante.

Los datos mínimos incluyen la información esencial necesaria para proporcionar detalles acerca de:

- La localización física exacta del equipo durante un periodo específico
- El identificador principal del atributo de diseño correspondiente
- El fabricante del equipo
- El identificador único asignado a cada ítem específico

Los datos relativos al equipo se componen de dos tipos de datos:

- Datos generales del equipo aplicables a todas las clases de equipos
- Datos específicos para cada equipo (BSI, 2016).

4. CONCEPTOS DE LOS EQUIPOS DEL ÁREA DE EXTRACCIÓN

El objetivo primordial del área de extracción es separar de la caña preparada, la mayor cantidad de sacarosa contenida en el jugo. La etapa de extracción cumple una función primordial en el proceso para la obtención de sacarosa y bagazo, este último se utiliza para procesos posteriores como combustible en las calderas que generan el vapor para alimentar el proceso y para generación de electricidad, contribuye de manera importante con la determinación de la eficiencia global del proceso de producción.

La caña se prepara adecuadamente por los equipos de preparación y se traslada a los molinos para realizar la extracción de forma óptima, con una potencia requerida en los equipos que mueven la maquinaria, y un mínimo de desgaste de los elementos mecánicos en molinos.

En el área de extracción, como en la mayoría de los ingenios, la distribución de los equipos principales presenta una configuración prácticamente universal, ubicados en un área física denominada tándem de molinos, conformado por un conjunto de equipos y elementos mecánicos, dentro de los cuales se pueden mencionar: molinos, reductores de velocidad, motores eléctricos, conductores intermedios, bombas entre otros. A continuación, se presenta brevemente una descripción de algunos equipos actualmente instalados.

4.1. Molinos convencionales

El molino, en la actualidad de mayor uso a nivel mundial generalmente en la industria azucarera, constituye la unidad fundamental de los equipos para la extracción de jugo de la caña. Inicialmente, los molinos convencionales comúnmente estaban constituidos de tres rodillos o cilindros ranurados, denominados mazas, colocados horizontalmente y girando sobre unas chumaceras con cojinetes deslizantes de bronce, instaladas sobre dos soportes contruidos de hierro fundido, que se encuentran anclados a una base de concreto. En algunos ingenios, se han instalado molinos que cuentan con 5, 6 o incluso más mazas (Rein, 2012).

Peter W. Rein, menciona algunos diseños alternativos de los molinos:

- Molinos Fives Cail's auto-ajustables, con un marco articulado que soporta a la maza superior.
- Molinos Walkers con hidráulicos en línea, donde la maza bagacera se carga hidráulicamente (Rein, 2012).

En la mayoría de los ingenios comúnmente se puede observar molinos que incluyen adicionalmente en su configuración un rodillo alimentador forzado, denominado cuarta maza, considerado como un accesorio de alimentación adicional. Generalmente a la disposición de molinos en serie, se le conoce comúnmente como tándem de molinos. Un molino está conformado por un conjunto de elementos mecánicos auxiliares que contribuyen al óptimo funcionamiento, entre ellos podemos mencionar: raspadores, cuchillas, porta cuchillas, cilindro hidráulico, coronas y otros.

San Diego posee un tándem de molinos, conocido como tándem B, compuesto por cinco molinos de cuatro mazas cada uno, con tres transmisiones de velocidad independientes para cada una de las mazas principales y su accionamiento eléctrico correspondiente. Cada molino está integrado por: dos soportes o vírgenes, ocho chumaceras y diez cojinetes deslizantes de bronce, tres mazas principales (superior, cañera y bagacera), cada una de ellas mide 7 pies de largo y 46 pulgadas de diámetro, y una maza de alimentación forzada (cuarta maza) que mide 7 pies de largo y 38 pulgadas de diámetro. Además, posee una cuchilla central, una cuchilla cuarta maza, dos raspadores (superior y bagacero), dos coronas, un acople flexible y dos cilindros hidráulicos o cabezotes con un pistón hidráulico en su interior. En la figura 24, se muestran estos componentes instalados en el molino 1.

Adicionalmente requiere de sistemas complementarios: sistema de presión hidráulica para flotación de la maza superior, sistema de enfriamiento por agua y sistema de lubricación de aceite para las chumaceras.

Figura 24.

Molino 1 con cuatro mazas instaladas, tándem B



Nota. Molino 1. Elaboración propia.

4.2. Virgen

Cada molino generalmente está constituido por dos vírgenes, conocidas en varios países como cureñas. Estas vírgenes son bases o estructuras metálicas que brindan principalmente el soporte a los ejes de las mazas y a todos los accesorios del molino. Construidas de acero al carbono fundido, se instalan de forma paralela entre sí a una distancia determinada sobre una cimentación de concreto y se fijan por medio de pernos de anclaje con diámetro y largo calculados de acuerdo con el tamaño del molino.

El principal propósito de la virgen es mantener a las mazas en una posición requerida, permitiendo intercambiar diferentes tamaños de mazas y realizar ajuste de las aberturas cuando sea necesario. Las vírgenes constan de bisagras que soportan y dan ajustes a las mazas inferiores y a la cuarta maza por medio de pernos de empuje. Asimismo, cumplen la función de guía de las chumaceras de las mazas, por ejemplo: la maza superior se desplaza verticalmente durante la operación y las mazas cañera y bagacera deben ser ajustables horizontalmente en el momento requerido.

En un molino interactúan varias fuerzas debido a las altas presiones generadas por las mazas y sus componentes para comprimir el bagazo y lograr la máxima extracción. Esto origina fuerzas dinámicas y esfuerzos mecánicos fluctuantes sobre las vírgenes.

Rein (2012), indicó que las principales fuerzas que soportan las vírgenes son:

- Internamente, tensión debido a las fuerzas de separación entre las mazas del molino, de las cuales las mayores son la fuerza impuesta por los

hidráulicos sobre las chumaceras de la maza superior y las reacciones en la bagacera, la cañera y el virador. Estas fuerzas son mucho mayores que el peso del molino y sus mazas.

- Externamente, los cimientos deben soportar el peso del molino y la reacción al torque de accionamiento del molino.

Adicionalmente las vírgenes deben sujetar varios elementos mecánicos como, el soporte de la cuchilla central, comúnmente conocido como puente, las bandejas de jugo, los soportes para los peines y la cuchilla cuarta maza, los cabezotes hidráulicos, y varios equipos auxiliares como, pasillos, sistema de lubricación, la tolva de alimentación donnelly, entre otros. Como se muestra en la figura 25 la virgen lado derecho y en la figura 26 la virgen lado izquierdo del molino 2 tándem B.

Figura 25.

Virgen lado derecho molino 2 tándem B.



Nota. Virgen lado derecho. Elaboración propia.

Figura 26.

Virgen lado izquierdo molino 2 tándem B



Nota. Virgen lado izquierdo molino. Elaboración propia.

4.3. Mazas de los molinos

Son rodillos o cilindros ranurados comúnmente llamados mazas. En la mayoría de los países, las mazas generalmente se conforman de un eje de acero SAE 1045 y una camisa de fundición de hierro gris ajustada por contracción térmica sobre el eje de acero. El eje de la maza posee una sección mecanizada en cada extremo usualmente denominada muñón, en donde se apoya sobre chumaceras para girar con respecto a su plano horizontal de rotación por medio de transmisiones de engranajes con accionamientos eléctricos, permite modificar su velocidad de entrada para comprimir la caña desfibrada y extraer el jugo.

Las fuerzas que intervienen sobre las mazas por la compresión de la caña generan esfuerzos de flexión, torsión, cortante y compresión. Los ejes de las mazas son componentes críticos, sometidos a esfuerzos desmesuradamente elevados, propensos a la fatiga completamente dependiente de su posición en el

molino. El eje de la maza superior posee condiciones de carga muy severas, debido a que está expuesto a flexión en contraposición de las reacciones de: la maza bagacera, la cuchilla central y la maza cañera; y adicionalmente por la presión ejercida por un pistón hidráulico sobre cada muñón.

Un molino convencional básicamente está conformado de 3 mazas que se denominan: cañera, bagacera y superior; y adicionalmente se incorpora una maza para direccionar la caña y asistir la alimentación denominada cuarta maza, la cual es accionada por medio de un piñón impulsado a partir de la maza superior. Cada una de las cuatro mazas tiene una función específica en el molino, como se denota en la tabla 9.

Tabla 9.

Función de cada maza en el molino

Función	Nombre técnico	Nombre común
Alimentación	Maza de alimentación	Maza cañera
Descargar	Maza de descarga	Maza bagacera
Extracción	Maza superior	Maza superior
Alimentación asistida	Maza de alimentación forzada	Cuarta maza

Nota. Tabla con la función de cada maza en el molino. Elaboración propia, realizado con Excel.

La maza superior puede desplazarse verticalmente, este movimiento comúnmente se denomina flotación, por medio de una chumacera con diseño específico. Las mazas: cañera, bagacera y superior, están dispuestas formando un triángulo imaginario, con la maza superior instalada inmediatamente arriba de la cañera y la bagacera.

Las mazas son definidas por las medidas del diámetro y largo de la camisa, expresadas frecuentemente en pulgadas. El tamaño de las mazas de los molinos en San Diego, es estándar para las tres mazas principales, superior, bagacera y cañera, diámetro de 46 pulgadas y longitud de 84 pulgadas. La maza de alimentación forzada (cuarta maza) posee un diámetro de 38 pulgadas y longitud de 84 pulgadas.

Las mazas de los molinos son maquinadas frecuentemente con ranuras circulares distribuidas en la periferia de la camisa y perpendiculares al eje.

Los dientes o ranuras de las mazas presentan una mayor superficie de contacto, facilitando la extracción del jugo. Las ranuras se maquinan con un perfil en V, lo que permite un pequeño espacio en el fondo para facilitar la salida del jugo recién exprimido, considerado como un conducto de drenaje natural.

El proceso de maquinado de las ranuras de las 3 mazas principales del molino debe realizarse de manera que los dientes de la maza superior se acoplen con los dientes de las mazas cañera y bagacera. Los dientes o ranuras se caracterizan por su paso p y su altura o profundidad h . El paso es la longitud entre 2 dientes sucesivos, medido desde el centro de la cresta de cada diente. La altura es la longitud medida desde de la cresta hasta el fondo del diente.

Una ventaja significativa de la adopción de un perfil de rayado uniforme en las mazas ubicadas en una misma posición dentro de cualquiera de los molinos que componen el tren de molinos, radica en su capacidad de intercambiabilidad al ocurrir un fallo y contribuye a la disminución de la necesidad de disponer de un extenso inventario de piezas de repuesto. Las dimensiones específicas del rayado de las mazas en ingenio San Diego son las que se muestran en la tabla 10.

Tabla 10.

Dimensiones del rayado de mazas

Maza	Ángulo del rayado	Paso (p)	Altura (h)
Superior	45°	2 pulgadas	2 pulgadas
Bagacera	45°	2 pulgadas	2 pulgadas
Cañera	40°	2 pulgadas	2 pulgadas
Cuarta maza	45°	2 pulgadas	2 pulgadas

Nota. Tabla con las dimensiones del rayado de mazas. Elaboración propia, realizado con Excel.

Este perfil de rayado de cada maza es el mismo en los cinco molinos, proporcionando buen drenaje, buena alimentación y un ajuste adecuado con los dientes de la cuchilla y los peines, como se ilustra en la figura 27.

Figura 27.

Maza superior molinos tándem B



Nota. Maza superior. Elaboración propia.

4.4. Cojinete deslizante de bronce

Los cojinetes de fricción o deslizante son elementos sobre los que se apoyan los muñones de las mazas para girar, sostenidos por un soporte o chumacera. El ajuste de estos componentes debe realizarse de manera que se garantice un juego adecuado para generar rotación fácilmente y mantener un espacio suficiente para conservar una capa o película lubricante.

Las chumaceras están conformadas por una caja o alojamiento de robusta construcción y un cojinete de fricción. La caja es fabricada de acero al carbono, con un sistema de refrigeración interno por medio de canales ingresa y circula agua, permitiendo disipar el calor generado entre el eje de la maza y el cojinete, derivado de las altas cargas por rotación de todas las mazas.

El cojinete de fricción es fabricado en bronce, comúnmente llamado teja de bronce, de construcción partida con una ranura en forma de U forjada sobre una línea situada a 45° aproximadamente, adelante del punto de presión máxima permitiendo introducir lubricante en la zona de contacto para obtener una eficiente lubricación. Se instala una placa de metal en cada extremo para fijar a la chumacera y limitar el movimiento. Como se muestra en la figura 28.

En un molino de 4 mazas, cada maza posee dos chumaceras una en cada extremo, sumando un total de 8 chumaceras. La maza superior utiliza un cojinete de bronce partido que se compone de dos partes, una mitad fija a la virgen y otra mitad desmontable con su caja.

Las chumaceras de las mazas cañera, bagacera y cuarta maza están diseñadas para alojar exclusivamente la mitad de un cojinete de bronce y se

restringen colocando bisagras o tapas de acero para finalizar el armado completo.

Para garantizar un funcionamiento óptimo del cojinete deslizante de bronce, es esencial emplear un lubricante de viscosidad elevada, que al mismo tiempo ofrezca excelentes características de fluidez. Esto se debe a las condiciones de operación, que involucran una presión extremadamente alta y baja velocidad (Rein, 2012).

Figura 28.

Cojinete deslizante de bronce instalado en chumacera



Nota. Cojinete deslizante. Elaboración propia.

4.5. Cuchillas y peines

La cuchilla central es una pieza sólida generalmente fabricada de hierro fundido o de acero SAE 1045, su función principal es conducir el bagazo en dirección a la abertura de la maza bagacera desde la abertura de la maza cañera,

para su compresión y extracción de jugo. La correcta instalación y los ajustes adecuados de la cuchilla central tienen gran influencia en el buen funcionamiento del molino. Otra función de la cuchilla central es limpiar el espacio entre dientes o ranuras de la maza cañera por medio de sus dientes maquinados correctamente.

Para extender la vida útil de la cuchilla central, es frecuente aplicar recubrimientos o blindaje en los flancos, la cresta y sobre la cara posterior de los dientes, combatiendo el desgaste abrasivo provocado por el bagazo y las partículas extrañas, y evitando la disminución en la compactación del molino.

La cuchilla central se instala sobre un soporte comúnmente llamado puente, se sujeta con pernos de inoxidable. El puente es diseñado con la capacidad de ajuste en términos de desplazamiento y rotación, permitiendo ajustar los dientes de la cuchilla sobre los dientes de la maza cañera. Como se muestra en la figura 29.

El peine es un elemento fabricado de fundición de hierro gris, con un perfil curvado y ranurado, que permite ajustarse con el ranurado o dientes de las mazas. El objetivo principal de los peines es desprender el bagazo o fibra de la caña que se acumula entre las ranuras o los dientes de las mazas debido a la compresión alta y a la presencia de objetos extraños sólidos. Esto previene una saturación completa de las mazas, evitando que estas se comporten como cilindros lisos y garantizando que el molino mantenga su funcionamiento sin interrupciones. El molino posee dos peines instalados en la salida del bagazo, uno en la maza superior y otro en la maza bagacera, comúnmente llamados peine superior y peine bagacero respectivamente.

El peine se sujeta con tornillos a una placa de acero y se instalan sobre un eje cuadrado atornillados, el cual es soportado en sus extremos por chumaceras y unos brazos que funcionan como palancas tensionadas para ajustar el peine. Como se muestra en la figura 30.

El peine bagacero se sujeta a la virgen y tiene una posición fija. El peine superior se sujeta a la chumacera de la maza superior permitiendo desplazarse conforme a la flotación o desplazamiento de la maza superior.

Figura 29.

Cuchilla central del molino 2 instalada en el puente o soporte



Nota. Cuchilla central del molino. Elaboración propia.

Figura 30.

Peine bagacero y superior molino 1 tándem B con desgaste de operación



Nota. Peine bagacero y superior molino. Elaboración propia.

4.6. Accionamientos para molinos

El accionamiento completo es un conjunto interdependiente que generalmente se compone de distintos elementos, que abarcan la red eléctrica de alimentación, el convertidor electrónico con su dispositivo de control, además del conjunto motor-carga, que incorpora un motor impulsor, una carga y su correspondiente transmisión mecánica, incluyendo sus componentes para acoplarse, esto es considerado como un sistema integral de accionamiento.

En ocasiones, se denomina únicamente como accionamiento eléctrico, abarcando desde la red eléctrica de alimentación hasta el motor impulsor. La

carga constituye el equipo o sistema mecánico utilizado para realizar un trabajo productivo.

Un accionamiento eléctrico es un sistema capaz de transformar energía eléctrica en mecánica, proporcionando movimiento a una determinada carga o equipo directamente o por medio de una transmisión mecánica, produciendo un trabajo útil y asegurando el control sobre el proceso de transformación. Un elemento que forma parte fundamental del accionamiento eléctrico comúnmente conocido es el motor eléctrico.

Motores eléctricos, en general, toda máquina o equipo de trabajo está conformada por una serie de mecanismos, que requieren de una fuente de energía externa para vencer una resistencia y cumplir con su objetivo de diseño.

Durante un largo período se utilizaron máquinas de vapor para el suministro de fuerza motriz en gran parte de industrias, poco a poco fue posible disponer de energía eléctrica en forma masiva, y fueron desplazadas paulatinamente por una máquina eléctrica, inicialmente de corriente continua y posteriormente de corriente alterna. La máquina eléctrica de mayor versatilidad, encargada de suministrar la fuerza motriz es el motor eléctrico, extensivo a todo tipo de procesos industriales. En la actualidad la regulación de velocidad en motores eléctricos se soluciona por medio de los variadores de velocidad.

En el Ingenio Trinidad se emplea una gran cantidad de motores eléctricos con distintas capacidades para los diferentes procesos, utilizando para girar las transmisiones planetarias que transmiten movimiento a las mazas del molino, un tipo específico de motor eléctrico denominado motor de inducción de CA.

Este dispositivo de conversión electromecánica de la energía de tipo rotativo está conformado por dos componentes esenciales, un estátor y un rotor. El estátor, elemento estacionario, es normalmente el inductor, alimentado por una red monofásica o trifásica, está formado por un conjunto de láminas pequeñas y delgadas de acero sumamente permeable, ranuradas en su periferia interior sobre las que se instala un devanado trifásico distribuido, alimentado por una corriente. El estátor está instalado dentro de una carcasa de acero o hierro de fundición, que proporciona apoyo mecánico por los correspondientes soportes de fijación y los cáncamos para elevación y transporte.

El rotor, elemento rotativo, es el inducido, con circulación de corrientes generadas por la interacción con el flujo del estátor. El rotor está constituido por un conjunto de láminas pequeñas y delgadas de acero de alta permeabilidad, fijadas por presión sobre un eje, formando un cilindro, con ranuras en la circunferencia exterior, en donde se coloca el devanado. Se clasifica en dos tipos de rotores: de jaula de ardilla o en cortocircuito, y devanado o con anillos.

El accionamiento eléctrico ampliamente utilizado para molinos es el motor de inducción de CA, como el que se ilustra en la figura 31, alimentado con un variador electrónico de frecuencia, sus principales ventajas son: mayor eficiencia energética y reducción de mantenimiento (Rein, 2012).

Figura 31.

Motor eléctrico de inducción de CA para movimiento de maza superior molino 1



Nota. Motor eléctrico de inducción AC. Elaboración propia.

4.7. Transmisiones de los molinos

Todo equipo con movimiento generado por un accionamiento eléctrico requiere que la velocidad del accionamiento se adapte a la velocidad solicitada por determinado proceso, para permitir el correcto funcionamiento del equipo.

La mayoría de los accionamientos eléctricos funcionan a mayores velocidades que las requeridas por las mazas del molino, lo que implica indispensablemente utilizar una transmisión mecánica para reducir la velocidad a niveles adecuados de operación.

Las transmisiones mecánicas son un conjunto de componentes dispuestos adecuadamente que se utilizan para transferir la energía mecánica, inmediatamente desde el elemento motriz a los componentes de trabajo de una

máquina o equipo distinto, permitiendo modificar las velocidades, las fuerzas o momentos y el tipo de movimiento, conforme a los requerimientos del proceso.

La transmisión por engranajes, de amplia utilización, constituida por un engrane menor llamado piñón, que impulsa a un engrane mayor comúnmente llamado Catarina, que permite generar una rotación más lenta. La mayoría de las transmisiones convencionales está limitada a una sola reducción y no permiten reducciones menores de velocidad, dependiente de la relación entre el número de dientes del piñón y de la Catarina. Los engranajes normalmente son de gran tamaño y están instalados en una carcasa con un sistema de lubricación.

En los molinos se requiere para realizar la extracción de jugo, una mínima velocidad de salida en las mazas aproximadamente de 4 a 6 rpm, es necesario reducir la velocidad de los motores a la velocidad de las mazas, esta reducción se obtiene por medio de transmisiones de engranajes. Generalmente en múltiples ocasiones se utilizan una combinación de distintos pares de engranajes dispuestos en etapas individuales denominadas etapa de alta, intermedia y baja, permitiendo obtener la cantidad de reducción de velocidad requerida. Sin embargo, esta configuración, se caracteriza por ocupar una considerable cantidad de espacio y por presentar eficiencias relativamente bajas.

Las transmisiones de engranajes convencionales de los molinos, han sido reemplazadas por transmisiones cerradas, comúnmente denominadas cajas reductoras o reductores de velocidad, con mayores rendimientos y más compactos ocupando menos espacio (Rein, 2012).

4.7.1. Reductores de velocidad

Los reductores de velocidad representan el tipo de transmisión más utilizada en las distintas industrias por su versatilidad, ofreciendo una amplia gama de torque, potencias, velocidades y relaciones de transmisión; idóneo para el accionamiento de toda clase de maquinaria industrial, que requiera reducir su velocidad eficientemente y de forma segura, conforme a los requerimientos del proceso.

Los reductores de velocidad están constituidos básicamente por uno o varios sistemas de engranajes con distintos tipos de engranajes, que se identifican por la forma y tamaño de sus dientes, se encuentran instalados apropiadamente sobre ejes y rodamientos, dispuestos en determinada configuración dentro de una caja cerrada o carcasa con sistemas de lubricación, sellos de aceite y filtros de aire.

Los reductores de velocidad son utilizados extensamente con dos propósitos principales, el primero es para aumentar el par de torsión generado por una fuente de alimentación, permiten transmitir potencia y aumentar el trabajo útil, y el segundo objetivo es para reducir la velocidad lo que obtiene diferentes velocidades y cambios en la dirección del eje de salida.

Reductores de velocidad planetarios: dentro de la amplia gama de reductores de velocidad se encuentra un tipo de reductor constituido por un sistema de engranajes planetarios comúnmente denominado reductor planetario. Esta transmisión planetaria es un sistema de reducción de velocidad conformado por un piñón, denominado sol, rodeado de dos o más engranajes, denominados planetas o satélites, que giran alrededor del sol en una trayectoria circular equidistante, restringidos por los dientes internos de una corona que los rodea.

Estas transmisiones planetarias son cerradas y de alta precisión con extraordinarias eficiencias mecánicas y reducidas dimensiones, requieren un mantenimiento cuidadoso incluyendo frecuentes análisis de la condición del aceite y de vibraciones.

En San Diego se utilizan reductores planetarios con elevadas relaciones de reducción de velocidad para el accionamiento de cada una de las mazas, la maza superior, como el que se contempla en la figura 32, la maza cañera y bagacera, y permite reducir la velocidad de los motores eléctricos a la velocidad de operación requerida por las mazas aproximadamente entre 3 a 6 rpm (Rein, 2012).

Figura 32.

Reductor planetario de la maza superior molino 1 tándem B



Nota. Reductor planetario de la maza superior molino. Elaboración propia.

4.7.2. Acople flexible

La maza superior está diseñada para operar normalmente con determinado grado de desalineamiento por encima de su posición de reposo, y adicionalmente permite flotar verticalmente hacia arriba una proporción adicional bajo condiciones particulares. Esta condición de desalineamiento impide la correspondencia de la misma línea de centros entre el eje de la maza superior y el eje de alta velocidad del reductor planetario.

En la industria azucarera se utiliza un tipo de acoplamiento flexible para absorber en determinado grado el inherente desalineamiento en los molinos. El sistema de acople flexible se conforma por un juego de dos elementos mecánicos denominados yugo, un elemento intermedio flotante y eslingas o bandas de poliéster. El funcionamiento se enfoca en la transmisión del torque a través de las eslingas entre los brazos de yugos instalados sobre los ejes del reductor planetario y de la maza superior.

El acople flexible de eslingas como el ilustrado en la figura 33, posee ventajas importantes, un excelente desempeño, requerimientos de mantenimiento reducido, presentan un mínimo desgaste, y capacidad para mantener una óptima alineación entre la transmisión planetaria y el molino. Este diseño de acople se convierte en la elección preferida particularmente en situaciones donde el espacio entre la transmisión y el molino es limitado (Rein, 2012).

En San Diego, se utilizan acoples flexibles de eslingas en las mazas superiores de los cinco molinos ubicados en el tren de molinos debido a sus notables beneficios.

Figura 33.

Acople flexible para las mazas superiores de molinos tándem B



Nota. Acople flexible para las mazas superiores de molinos tándem. Elaboración propia.

4.8. Tolvas de alimentación Donnelly

Es un elemento fabricado en acero, que se utiliza para conducir el descenso del flujo de bagazo que se descarga del conductor intermedio hacia el molino, y permite obtener una buena alimentación.

La tolva Donnelly presentada en la figura 34 considera en su diseño, determinado ángulo de inclinación con relación a la abertura de entrada del molino entre la maza cañera y la superior, conforme se incrementa el ángulo perpendicularmente, impide conseguir una adecuada alimentación. Adicionalmente se requiere la instalación de un rodillo alimentador o cuarta maza para facilitar la entrada de bagazo en el molino y mejorar la alimentación.

Una característica principal de la tolva Donnelly es la amplitud entre las paredes frontal y posterior ligeramente divergentes, para el óptimo desempeño de los molinos. El diseño de la tolva permite realizar ajustes de la amplitud, mediante la disposición de orificios estratégicamente espaciados sobre las placas laterales, con valores específicos para cada molino, garantizando el control y descenso del flujo de bagazo que se dirige hacia el molino.

La medición de la altura o nivel de bagazo en la tolva se efectúa utilizando sensores de proximidad por conductividad o por capacitancia. En el primer molino normalmente el nivel de la tolva se controla regulando la velocidad del conductor que suministra caña, y el nivel en la tolva de cada molino subsecuente se controla regulando la velocidad correspondiente del molino (Rein, 2012).

Figura 34.

Tolva de alimentación Donnelly para molinos tándem B



Nota. Tolva de alimentación Donnelly. Elaboración propia.

4.9. Conductor intermedio de cadena y dula

El conductor intermedio con cadena y dula es el tipo más comúnmente utilizado en el área de extracción o molienda, representado en la figura 35. Es un sistema mecánico que cumple una función primordial, transportar el bagazo parcialmente exprimido para alimentar cada molino.

Estos conductores usualmente son llamados de arrastre o inclinados, se utilizan para trasladar adecuadamente el bagazo comprimido que sale de un molino, permitiendo una elevación pronunciada del bagazo, generalmente a una inclinación de 40° a 60°, y es conducido por medio de una tolva de alimentación Donnelly hacia la entrada del subsiguiente molino.

Este tipo de conductor está compuesto por cadenas y duelas o tablillas de profundidad, fabricadas de acero con dientes en forma semejante de rastrillo, como se observa en la figura 36, montadas en el centro o en el exterior de dos filas de cadena sobre los eslabones. Este sistema consiste en dos filas de cadena que se extienden entre dos ruedas dentadas superiores instaladas en un eje y dos ruedas o rodos lisos de retorno sobre un eje.

Las duelas y cadenas se encargan de transportar el bagazo a lo largo del trayecto, se mueven por las ruedas dentadas de su parte superior que son movidas por un accionamiento mecánico. La cadena está constituida por eslabones tipo Y, bujes, pines o pasadores roscados, chavetas y tuercas de seguridad (Rein, 2012).

Figura 35.

Cadena armada con duelas para conductores intermedios, molinos tándem B



Nota. Cadena armada con duelas para conductores intermedios. Elaboración propia.

Figura 36.

Conductor intermedio 1, molinos tándem B



Nota. Conductor intermedio 1. Elaboración propia.

4.10. Sistema de bombeo para imbibición

Un sistema de bombeo se define como un conjunto de equipos compuesto por un equipo que proporciona la fuerza motriz necesaria y otro encargado de impulsar un fluido.

Un equipo de bombeo se caracteriza como un sistema mecánico con la capacidad de convertir la energía mecánica generada por un motor eléctrico en una cantidad específica de energía, que se transfiere al fluido en forma de presión, posición o velocidad. Esto posibilita el transporte del fluido a través de una conducción, independientemente de la disposición de la instalación, permite su desplazamiento de un lugar a otro.

De la diversidad de equipos de bombeo, el más común se denomina bomba, con una enorme variedad de tipos existentes y clasificaciones diversas, por ejemplo, por la variedad de condiciones de servicio, de líquidos a impulsar, de potencias, del elemento impulsor y materiales de fabricación. Un tipo de bomba universalmente utilizada es la bomba centrífuga.

Las bombas centrífugas son dispositivos versátiles extensamente utilizados en innumerables aplicaciones industriales, para el desplazamiento de fluidos de diferentes características. Los componentes básicos de una bomba centrífuga son, el rodete o impulsor, y la voluta. El rodete es el componente primordial de la bomba, es un disco que transfiere la energía mecánica de rotación hacia el fluido por medio de sus álabes, para desplazarse radialmente por la acción de la fuerza centrífuga, aumentando notablemente/considerablemente su energía. La voluta o carcasa es una estructura estática, construida de material ferroso que permite conducir el fluido desde su interior hacia la salida de la bomba.

En el proceso de extracción de sacarosa en los molinos se busca una mínima humedad en el bagazo final del último molino. El bagazo se somete a presiones significativas y cíclicas, y no libera completamente todo el jugo que contiene, para lograr extraer la mayor cantidad de sacarosa presente en el jugo se debe recurrir a una práctica elemental, comúnmente conocida como imbibición, consiste en agregar agua uniformemente a determinada temperatura, aproximadamente entre 85 a 90 °C, distribuida dentro del bagazo para reemplazar el jugo que se encuentra retenido en su interior.

Para realizar la imbibición se emplea una bomba centrífuga, mostrada en la figura 37, que permite bombear agua a determinada temperatura hacia los molinos. La función de esta bomba es suministrar agua con determinada presión para mojar en su totalidad el bagazo que sale de cada molino para facilitar la extracción. A este procedimiento también se denomina imbibición simple (Rein, 2012).

Figura 37.

Bombas centrífugas para imbibición



Nota. Bombas centrífugas. Elaboración propia.

4.11. Sistema de bombeo para maceración

En ocasiones es muy frecuente emplear el término maceración, aunque existe una confusión con la utilización de este término ya que generalmente es utilizado para referirse a la imbibición compuesta, y corresponden a dos procedimientos distintos.

El procedimiento principalmente utilizado, es la imbibición compuesta que parte de la imbibición simple, se aplica toda el agua a la salida del penúltimo molino, produciendo un jugo en el último molino de bajo Brix, el cual se aplica entonces a la salida del antepenúltimo molino, el jugo obtenido del penúltimo molino se toma para enviarlo al molino precedente, y así sucesivamente. El jugo del primer molino se denomina jugo primario y el jugo del segundo molino se denomina jugo secundario, proveniente del resto de molinos, en ocasiones se le conoce como jugo mezclado. Generalmente utilizan indistintamente el término de maceración para referirse al procedimiento de imbibición compuesta.

El procedimiento mencionado permite mejorar la extracción. Una solución factible para realizar este procedimiento es el uso de bombas inatascables de tipo vórtice de impulsor abierto, que son ineficientes pero confiables, como la que se ilustra en la figura 38, trasladan el jugo recolectado en cada molino que se utiliza para mojar el bagazo que sale de cada molino precedente, manteniendo un bajo nivel en el tanque de succión. Este tipo de bombas se utilizan para el manejo de cualquier sólido y mantener una operación continua (Rein, 2012).

Figura 38.

Bombas Pullstar para manejo de fluidos con sólidos



Nota. Bombas Pullstar. Elaboración propia.

4.12. Sistema de bombeo de jugo hacía manejo de jugo

El jugo resultante del proceso de extracción en el tren de molinos presenta una notoria presencia de pequeñas partículas de bagazo. Estas partículas se desprenden durante el proceso y caen junto con el jugo, a través de cualquier espacio existente entre la cuchilla central y la maza bagacera, o se desprenden de las mazas debido a la acción de los peines, posiblemente provocan determinados problemas en los procesos subsecuentes.

El jugo obtenido del primer y segundo molino, generalmente conocido como jugo mezclado sin filtrar, debe someterse a un proceso de filtración a través de mallas con el fin de remover la mayor cantidad de partículas de bagazo que han sido arrastradas con el jugo. Este proceso implica el transporte del jugo hacia el mecanismo de filtración, se utilizan unas bombas idénticas en construcción a

las bombas empleadas para imbibición compuesta, pero con una mayor capacidad.

El sistema de malla más común es la malla rotativa en forma cilíndrica con determinada inclinación, normalmente denominado filtro rotativo, es un equipo mecánico instalado adyacente al tren de molinos, que permite tamizar el jugo procedente de los molinos, separando fácilmente el jugo y reduciendo el excedente de sólidos. El bagazo segregado se conoce generalmente como bagacillo.

El bagacillo segregado con escaso jugo remanente se retorna nuevamente al proceso de extracción, en el primer conductor intermedio. El jugo libre de bagacillo obtenido del filtro rotativo se conoce como jugo diluido, se transporta por medio de bombas centrífugas, como se ilustra en la figura 39, hacia el proceso subsiguiente para continuar el proceso productivo (Rein, 2012).

Figura 39.

Bombas centrífugas



Nota. Bombas centrífugas empleadas para trasladar el jugo diluido hacia el proceso de manejo de jugo. Elaboración propia.

5. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA TAXONOMÍA DE LOS ACTIVOS FÍSICOS EN EL ÁREA DE EXTRACCIÓN

El desarrollo de la propuesta taxonómica se inició con la recolección de datos y búsqueda de la información contenida en manuales y fichas técnicas de los equipos, diagramas de proceso, para lograr comparar niveles de dependencia.

Una de las etapas principales de la caracterización, es el levantamiento físico de los equipos, para considerar los datos de placa y la localización física de los equipos y componentes. Se realizó un recorrido en el proceso de extracción, para identificar los sistemas, subsistemas, equipos y componentes.

Con base en la información recopilada, se procede a presentar la formulación de la metodología taxonómica aplicada a los activos físicos dentro del área de extracción. La taxonomía se describe detalladamente en los siguientes apartados que se presentan a continuación:

5.1. Selección de activos para aplicar metodología taxonómica

Esta selección de activos es esencial para asegurar que la taxonomía se implemente de manera efectiva con resultados relevantes y útiles para mejorar la gestión de mantenimiento, permitiendo concentrar los esfuerzos en los activos más importantes y garantizando que la clasificación sea coherente con los propósitos de la gestión de activos.

Para la selección de activos se considera el grupo de activos existentes en el área de extracción, incluidos en el inventario de activos físicos a mantener, presentado en el apartado 2.3.

5.2. Estructura jerárquica de taxonomía según la norma ISO 14224:2016

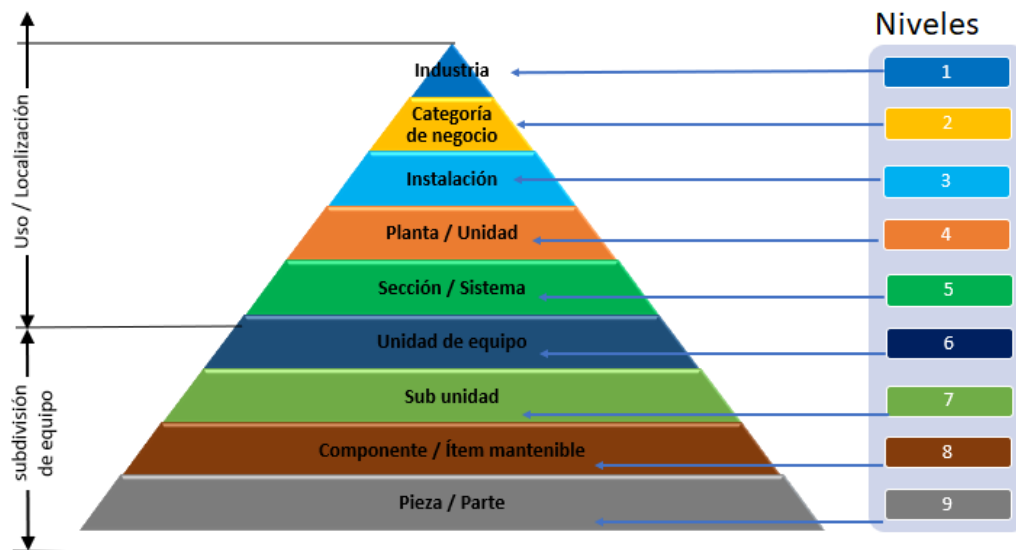
La estructura jerárquica desarrollada se realizó con base en la taxonomía que presenta la norma ISO 14224 en su sección 8.2, donde se establece una estructura para la clasificación sistemática de los activos involucrados en niveles, formando agrupaciones genéricas con enfoque en factores comunes como localización, utilización, subdivisiones, entre otros.

La taxonomía de activos detallada anteriormente en el capítulo 3 de este trabajo, permite determinar la forma de clasificar los equipos en sistemas, plantas, instalaciones, categoría del negocio y el tipo de industria donde se encuentran localizados, incluyendo la generación de clases y la segregación del equipo en subsistemas, componentes y piezas, esta última normalmente es el nivel final de la taxonomía, al encontrar la parte que falla y que se debe reparar o sustituir.

Se realiza la aplicación de la taxonomía a los activos físicos en el área de extracción de San Diego, obteniendo como resultado una clasificación de los activos desglosado en nueve niveles, correspondiente con su estructura productiva, siguiendo el estándar ISO 14224. Los activos físicos se organizaron en sistemas y subsistemas en función de su contexto operacional, generando una clasificación jerárquica con niveles taxonómicos que se ilustra en la figura 40.

Figura 40.

Taxonomía basada en la estructura jerárquica norma ISO 14224:2016



Nota. Taxonomía de los activos físicos del área de extracción de acuerdo con la estructura jerárquica norma ISO 14224:2016. Elaboración propia, realizado con Excel.

Mediante una cuidadosa construcción de los niveles, se logra establecer una jerarquía estructurada de relaciones entre elementos principales y sus respectivos componentes, lo que facilita la identificación del activo específico que se debe elegir para realizar las tareas de mantenimiento.

A partir de los datos recopilados, se procede a la clasificación de los procesos, sistemas, subsistemas y equipos de acuerdo con las directrices establecidas en la norma ISO 14224:2016, obteniendo como resultado una estructura taxonómica que organiza todos los elementos en niveles jerárquicos. En la tabla 11, se proporciona una descripción de cada nivel taxonómico.

Tabla 11.*Taxonomía con niveles aplicados a los activos físicos de San Diego*

Jerarquía de taxonomía				
	Nivel	Descripción	Definición	Distribución/segregación de elementos
Datos de uso / localización	1	Industria	Tipo principal de industria	Alimentos
	2	Categoría del negocio	Tipo de negocio o proceso	Azúcar
	3	Instalación	Tipo de instalación	Fábrica
				Energía
				Agrícola
				Administración
	4	Planta / Unidad	Tipo de planta o unidad	Preparación y extracción
				Fábrica crudo (L1)
				Fábrica blanco (L2)
				Fábrica azúcar especial (L3)
				Aguas de proceso
	5	Sección / Sistema	Sección principal / sistemas de la planta	Patio de caña
				Molinos
				Clarificación
				Evaporación
				Tachos
				Centrífugas
				Manejo de azúcar y envasado
				Electricidad
				instrumentación
				Agua de procesos
				Taller industrial
				Edificios
				Administración ingenio
				BPM
				Mantenimiento ingenio

Continuación de la tabla 11.

	Nivel	Descripción	Definición	Distribución/segregación de elementos
Subdivisión de equipos	6	Equipo / unidad	Equipo padre o unidad	Desfibradora, picadora, virador, tacho, centrífuga
	7	Sub sistema /	Subsistema o componente	Sistema obra civil
		Componente	necesario para que el equipo	Sistema estructural
			padre funcione	Sistema estructura metálica
				Sistema eléctrico
				Sistema accionamiento eléctrico
				Sistema de transmisión
				Sistema instrumentación
				Sistema de monitoreo y vigilancia
				Sistema neumático
				Sistema refrigeración
				Sistema lubricación
				Sistema hidráulico
				Sistema de arrastre
				Sistema chumaceras
				Sistema transportador
				Sistema elevación
				Sistema elevación
				Sistema de preparación
				Sistema de Virgenes
				Sistema de peine y cuchilla central
				Sistema platos y canales molinos
				Sistema cuarta maza molino
				Sistema maza cañera molino
				Sistema maza superior molino
				Sistema maza bagacera molino
				Sistema tanques de almacenamiento
				Sistema intercambiadores
				Sistema de bombeo

Continuación de la tabla 11.

Nivel	Descripción	Definición	Distribución/segregación de elementos
			Sistema de inyección
			Sistema de pesaje
			Sistema limpieza en seco
			Sistema cuchillas
			Sistema ejes
			Sistema de coronas
			Sistema de filtración
			Sistema de enfriamiento
			Sistema de sulfitación
			Sistema evaporación
			Sistema hidro lavadora
			Sistema tachos
			Sistema centrifugación
			Sistema compresor
8	Subcomponente / Item mantenible	Grupo de partes del equipo que son mantenidos (reparados / restaurados) como un todo	Enfriador, reductor, bomba de aceite, loop de instrumentos, válvula
9	Parte (Opcional)	Una pieza o repuesto de un equipo	Sello, tubo, carcaza, impeller

Nota. Taxonomía con niveles aplicados a los activos físicos de San Diego. Elaboración propia, realizado con Excel.

La clasificación jerárquica consta de 9 niveles agrupados en dos categorías principales, comprendiendo la primera categoría desde el nivel 1 hasta el nivel 5, y se caracteriza por representar una clasificación de alto nivel con relación a su utilización específica en la industria y en la planta, incorpora la información taxonómica correspondiente a estos niveles en la base de datos para cada equipo, especifica los datos de uso y ubicación como información relevante

y necesaria. De esta manera, se agiliza el proceso de identificación y localización de los equipos correspondientes.

La segunda categoría abarca desde el nivel 6 al 9, que se refiere a la estructura jerárquica del equipo y su correspondiente subdivisión, donde se establecen subdivisiones en niveles inferiores que siguen una relación de tipo padre-hijo. Esta estructura es útil para segregar y establecer una clara cadena de mando y una distribución eficaz de responsabilidades dentro del equipo. El nivel 9 es específicamente el nivel de las piezas.

En las secciones 5.2.2 a 5.2.10, se proporciona una descripción de cada uno de los niveles de la clasificación taxonómica aplicada a los equipos del área de extracción, junto con su respectiva codificación. Estos niveles están dispuestos en una jerarquía descendente desde el nivel superior hasta el nivel más detallado, cada nivel se enfoca en características comunes cada vez más específicas.

5.2.1. Estructura de codificación de equipos

Para comenzar el proceso de codificación de los equipos registrados en el inventario, se emplea como base de referencia los niveles taxonómicos de la norma ISO14224, mencionada anteriormente. Con esta información, se logra una codificación precisa y sistemática de los equipos, simplifica su identificación y seguimiento de manera efectiva.

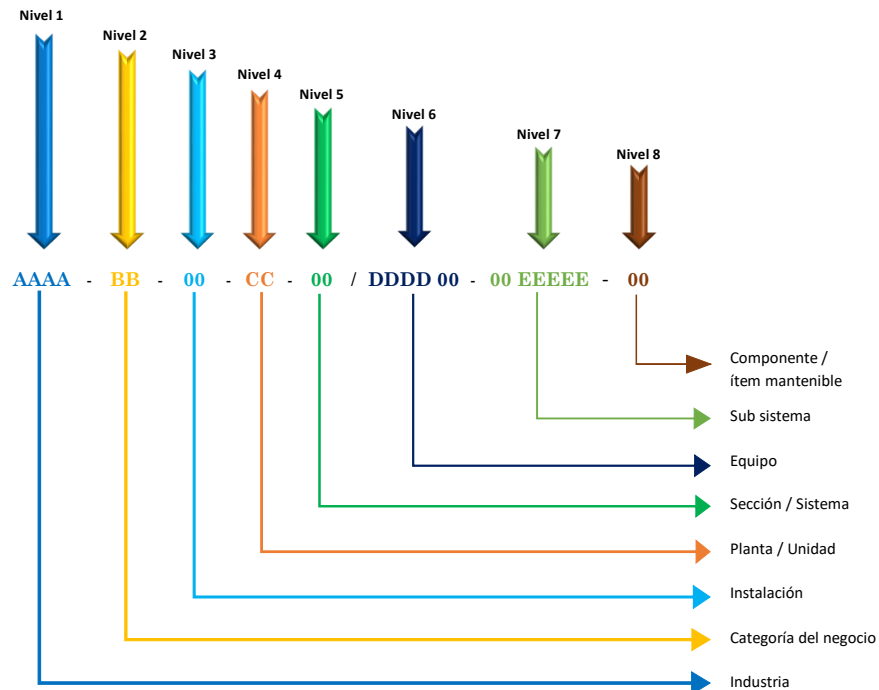
El sistema de codificación empleado está conformado por 8 códigos que representan los primeros 8 niveles de la taxonomía, los cuales se distribuyen en tres códigos con caracteres alfabéticos, tres con caracteres numéricos y dos con caracteres alfanuméricos, ordenados respectivamente. Cada uno de

los códigos está conformado por un grupo de caracteres, el primer código está conformado por cuatro caracteres alfabéticos, el segundo código está conformado por dos caracteres alfabéticos, el tercero está conformado por dos caracteres numéricos, el cuarto está conformado por dos caracteres alfabéticos, el quinto está conformado por dos caracteres numéricos, el sexto está conformado por seis caracteres alfanuméricos, cuatro alfabéticos que pertenecen al nombre del equipo padre y dos numéricos que representan su secuencia, el séptimo código está conformado por siete caracteres alfanuméricos, cinco alfabéticos para identificar el tipo de subsistema del equipo y los dos numéricos representan el número del subsistema, y el último código está compuesto por dos caracteres numéricos que representan el número correlativo de los componentes redundantes en un determinado sistema.

Estos 8 códigos concatenados constituyen un código único comúnmente denominado TAG (del inglés etiqueta), que permite identificar de manera única cada componente específico de los equipos principales con base a su posición operativa. Este código es individual y consistente conservando una finalidad específica, establecer una correlación precisa y confiable entre las posiciones operativas de los componentes y equipos, y sus registros históricos, permitiendo mantener un seguimiento efectivo durante su ciclo de vida y facilitar la revisión de su historial. Este proceso de codificación se describe en la figura 41.

Figura 41.

Codificación de activos físicos mediante un código único



Nota. Codificación de activos físicos mediante un código único. Elaboración propia, realizado con Excel.

Donde:

- AAAA - tipo principal de industria
- BB - tipo de negocio o proceso
- 00 - tipo de instalación
- CC - tipo de planta o unidad perteneciente a la empresa
- 00 - sección principal o sistemas de la planta
- DDDD 00 - descripción y número del equipo padre o unidad
- 00 EEEEE - número y descripción del subsistema propio del equipo padre

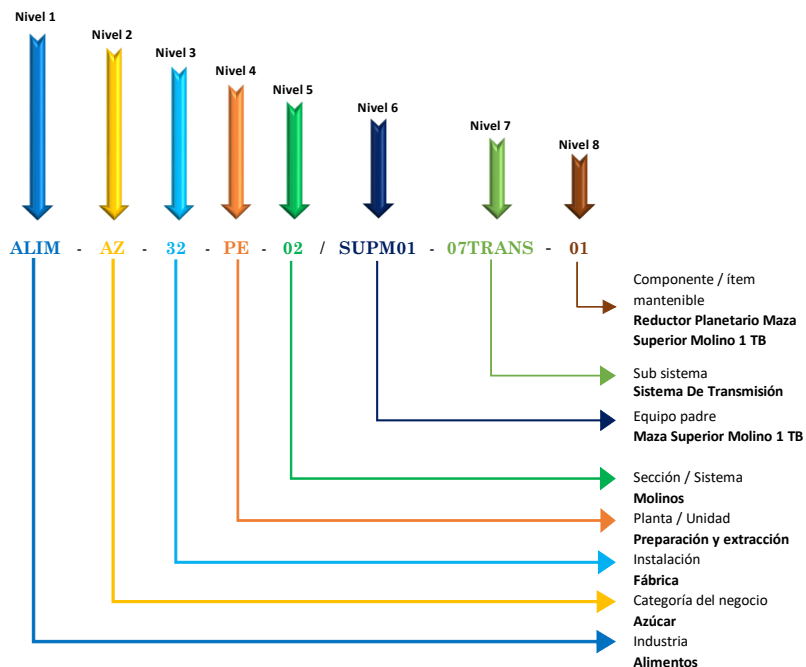
- 00 - número correlativo del componente redundante en un determinado sistema.

El código único o TAG está concatenado de manera que permite identificar con precisión, desde el nivel 8, la sección y planta a la que pertenece el ítem mantenible, conociendo con exactitud la subunidad y el equipo correspondientes.

En la figura 42, se proporciona un ejemplo del código único o TAG que identifica un activo físico perteneciente al área de extracción y se describe en la tabla 12.

Figura 42.

Ejemplo de un código único para un activo físico del área de extracción



Nota. Ejemplo de un código único para un activo físico del área de extracción. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 12.*Descripción ejemplo de codificación de activo físico del área de extracción*

Nivel 1	ALIM	Tipo principal de industria	Alimentos
Nivel 2	AZ	Tipo de negocio o proceso	Azúcar
Nivel 3	32	Tipo de instalación	Fábrica
Nivel 4	PE	Tipo de planta o unidad	Preparación y extracción
Nivel 5	02	Sección principal o sistemas de la planta	Molinos
Nivel 6	SUPM01	Equipo padre o unidad	Maza superior molino 1 TB
Nivel 7	07TRANS	Subsistema del equipo padre	Sistema De transmisión
Nivel 8	01	Número del ítem mantenible	Reductor planetario maza superior molino 1 TB

Nota. Descripción del ejemplo de codificación de un activo físico del área de extracción. Elaboración propia, realizado con Excel.

Para el nivel 9 de la taxonomía, se emplea un sistema de codificación distinto debido a que el estándar internacional ISO 14224 no aborda específicamente este nivel, a diferencia de los demás niveles taxonómicos. En este nivel se determina completamente todas las partes individuales del equipo. La codificación de este nivel es inherente a cada empresa.

San Diego posee un código generado por el sistema informático de planificación de recursos empresariales – SAP, denominado código de artículo, que incluye la identificación de las piezas individuales que conforman cada uno de los componentes de los equipos. Este código de artículo representa el nivel 9 en la taxonomía de equipos, pero no se encuentra integrado en el TAG correspondiente.

En este trabajo se desarrolla la estructura de la taxonomía del nivel 9 de los activos físicos del área de extracción, y se excluye la codificación, que es inherente al sistema mencionado.

Esta codificación es fundamental para la obtención de información completa de una categoría de equipos, un equipo en particular o incluso permite acceder a los datos de los equipos que se encuentran en una determinada ubicación dentro de la instalación, proporcionando una ventaja significativa para el análisis y la toma de decisiones estratégicas de los gerentes de mantenimiento.

5.2.2. Clasificación de la categoría de industria

El primer nivel jerárquico de la taxonomía es la categoría de Industria, que permite la clasificación de la organización dentro de los diferentes tipos principales de industrias existentes. En este caso San Diego se dedica principalmente a la fabricación de un producto alimenticio obtenido a partir del cultivo y procesamiento de la caña de azúcar, por consiguiente, se clasifica a la organización dentro de la industria de alimentos como se muestra en la tabla 13.

Tabla 13.

Nivel jerárquico 1 – Industria

NIVEL 1 - Industria	
Tipo principal de industria	Alimentos

Nota. Nivel 1, jerárquico. Elaboración propia, realizado con Excel.

Codificación nivel 1 – industria. La codificación del nivel 1 se realiza por medio de cuatro caracteres alfabéticos, que indican el tipo de industria al que pertenece el ingenio Trinidad, correspondiente a la clasificación de alimentos.

Estos caracteres alfabéticos corresponden a las primeras cuatro letras del nombre de la clasificación, como se ilustra en la tabla 14.

Tabla 14.

Codificación nivel 1 - industria

Nivel 1 – industria	
Descripción	Codificación
Alimentos	ALIM

Nota. Codificación nivel 1 - Industria. Elaboración propia en Microsoft Excel.

Este código es el primer grupo de caracteres que constituye el TAG, a partir de aquí se concatena con cada uno de los códigos de los siguientes niveles que estén relacionados a la sección del mismo proceso o acción productiva.

5.2.3. Clasificación de la categoría del negocio

Dentro de la amplia variedad de clasificaciones de tipos de industrias existentes, se encuentran diversas categorías de negocio que varían en función del tipo de producto que se fabrica.

En este caso particular, el conjunto de operaciones o negocio de San Diego se enfoca en procesar la caña y recobrar su componente principal azúcar, conocido en términos químicos como sacarosa, este es el producto principal que se elabora y comercializa, por consiguiente, se ubica en la categoría correspondiente a este producto.

La categoría de negocio de San Diego se relaciona con su producto principal, el azúcar, como se detalla en la tabla 15.

Tabla 15.

Nivel jerárquico 2 - categoría del negocio

Nivel 2 - categoría del negocio	
Tipo de negocio o proceso	Azúcar

Nota. Categoría del negocio. Elaboración propia, realizado con Excel.

Codificación nivel 2 – categoría del negocio: la codificación del nivel 2 se realiza utilizando dos caracteres alfabéticos específicos, que identifican la categoría de negocio de San Diego, que es azúcar.

Estos caracteres alfabéticos hacen referencia a las dos primeras letras del nombre de la categoría, como se detalla en la tabla 16.

Tabla 16.

Codificación nivel 2 - categoría del negocio

Nivel 2 - categoría del negocio	
Descripción	Codificación
Azúcar	AZ

Nota. Categoría del negocio. Elaboración propia, realizado con Excel.

5.2.4. Clasificación de la categoría de instalación

Esta clasificación identifica el tipo de instalación, en relación/considerando a la planta y su tarea productiva principal. La instalación industrial de San Diego está específicamente diseñada para efectuar la tarea productiva específica de la planta, que es la producción de azúcar. En este caso, el tipo de instalación correspondiente se denomina fábrica, como se detalla en la tabla 17.

Tabla 17.

Nivel jerárquico 3 - categoría de instalación

Nivel 3 – instalación	
Tipo de instalación	Fábrica

Nota. Categoría de instalación. Elaboración propia, realizado con Excel.

Codificación nivel 3 – instalación: la codificación del nivel 3 se realiza mediante el uso dos caracteres numéricos, los cuales se utilizan para identificar el tipo de instalación de San Diego, correspondiente a fábrica. Estos caracteres numéricos corresponden a un código interno del ingenio Trinidad que hace referencia específica al sector del presupuesto perteneciente a fábrica, que es denominada área industrial. A continuación, se detalla en la tabla 18.

Tabla 18.

Codificación nivel 3 - categoría de instalación

Nivel 3 – instalación	
Descripción	Codificación
Fábrica	32

Nota. Categoría de instalación. Elaboración propia, realizado con Excel.

5.2.5. Clasificación de la categoría de planta

Este nivel jerárquico de la taxonomía se refiere a la categorización de las distintas unidades productivas dentro del área total de producción. En las instalaciones de San Diego se han identificado cinco unidades principales de producción, mismas que se detallan a continuación en la tabla 19.

Tabla 19.*Nivel jerárquico 4 - categoría de planta*

Nivel 4 - planta/unidad	
Tipo de planta o unidad	Preparación y extracción
	Fábrica crudo (L1)
	Fábrica blanco (L2)
	Fábrica azúcar especial (L3)
	Aguas de proceso

Nota. Categoría de planta. Elaboración propia, realizado con Excel.

Codificación nivel 4 – Planta: la codificación del nivel 4 se realiza con dos caracteres alfabéticos específicos, que indican el nombre de cada planta o unidad productiva dentro de San Diego, como se puede observar en la Tabla 20.

Tabla 20.*Codificación nivel 4 - categoría de planta*

Nivel 4 - planta/unidad	
Descripción	Codificación
Preparación y extracción	PE
Fábrica crudo (L1)	FC
Fábrica blanco (L2)	FB
Fábrica azúcar especial (L3)	FE
Aguas de proceso	AP

Nota. Categoría de planta. Elaboración propia, realizado con Excel.

5.2.6. Clasificación de sistema

En esta clasificación de la taxonomía se indica cada una de las secciones o sistemas inmersos en las plantas clasificadas en el nivel 4, representa un área específica dentro de San Diego. Estas secciones están diseñadas para facilitar la coordinación, la supervisión y la asignación de recursos adecuados en cada área, para permitir el seguimiento, la evaluación y la toma de decisiones estratégicas a nivel organizacional.

Esta clasificación brinda una visión más detallada de la distribución y organización de las plantas, permitiendo una gestión eficiente y una comprensión integral de la estructura interna del complejo industrial.

En la planta de preparación y extracción se han identificado dos secciones o sistemas principales, mismas que se detallan a continuación en la tabla 21.

Tabla 21.

Nivel jerárquico 5 - categoría de sección o sistema

Nivel 5 - sección / sistema	
Sección principal / sistemas de la planta	Patio de caña
	Molinos

Nota. Nivel jerárquico 5 - Categoría de sección o sistema. Elaboración propia, realizado con Excel.

Codificación nivel 5 – categoría de la sección o sistema: la codificación del nivel 5 se realiza mediante el uso de dos caracteres numéricos, los cuales se utilizan para identificar las secciones que conforman la planta de preparación y extracción.

Estos caracteres numéricos corresponden a un correlativo que hace referencia específica al orden consecutivo de los procesos de fabricación de azúcar, iniciando con el proceso de patio de caña, como se observa en la tabla 22.

Tabla 22.

Codificación nivel 5 - categoría de sección o sistema

Nivel 5 - sección / sistema	
Descripción	Codificación
Patio de caña	01
Molinos	02

Nota. Categoría de sección o sistema. Elaboración propia, realizado con Excel.

5.2.7. Clasificación de equipo

A partir de esta clasificación inicia la segunda categoría de la taxonomía, comprendida desde el nivel 6 al 9 que corresponde a la subdivisión de equipos.

Esta clasificación está relacionada al equipo, con subdivisiones en niveles jerárquicos inferiores. Cada nivel inferior está subordinado al nivel superior con funciones específicas dentro del equipo, correspondientes a una relación padre – hijo. En este nivel se clasifican los equipos que se encuentran en cada sección registrada anteriormente en el nivel 5.

En la sección molinos del nivel 5, se han identificado principalmente diferentes clases de equipos. A continuación, en la tabla 23 se proporciona un extracto del nivel 6 equipo.

Tabla 23.*Nivel jerárquico 6 - categoría de equipo*

Nivel 6 - equipo	
Equipo padre o unidad	Conductor intermedio molino 1 TB
	Conductor intermedio molino 2 TB
	Conductor intermedio molino 3 TB
	Conductor intermedio molino 4 TB
	Cuarta maza molino 1 TB
	Cuarta maza molino 2 TB
	Cuarta maza molino 3 TB
	Cuarta maza molino 4 TB
	Cuarta maza molino 5 TB
	Filtro Drum Trommel Molinos TB

Nota. Categoría de equipo. Elaboración propia, realizado con Excel.

Codificación nivel 6 – equipo: la codificación de este nivel correspondiente a la categoría de equipo se realiza utilizando una combinación constituida por seis caracteres alfanuméricos; cuatro alfabéticos que pertenecen al nombre del equipo padre y dos numéricos que representan el orden correlativo de equipos de una misma clase, como se detalla en la tabla 24.

Tabla 24.*Codificación nivel 6 - categoría de equipo*

Nivel 6 - equipo	
Descripción	Codificación
Conductor intermedio molino 1 TB	CINT01
Conductor intermedio molino 2 TB	CINT02

Continuación de la tabla 24.

Nivel 6 - equipo	
Descripción	Codificación
Conductor intermedio molino 3 TB	CINT03
Conductor intermedio molino 4 TB	CINT04
Cuarta maza molino 5 TB	BAGM05
Filtro Drum Tromel Molinos TB	FTRO01

Nota. Categoría de equipo. Elaboración propia, realizado con Excel.

5.2.8. Clasificación de subunidad

Esta clasificación identifica el conjunto de elementos que integran un subsistema, incluido dentro del límite de un equipo en particular, esencial para asegurar su funcionamiento óptimo y la realización eficiente de sus tareas requeridas de manera adecuada. Este nivel jerárquico se aplica con un enfoque estandarizado para algunas subunidades que se utilizan en la mayoría de las clases de equipo.

La agrupación en subsistemas se realiza con el propósito de lograr una comprensión más profunda del funcionamiento de entradas y salidas de los componentes principales de nivel inferior y las interfaces al entorno, fundamental en situaciones que se requiere recopilar y analizar datos de confiabilidad y mantenimiento.

La tabla 25 presenta un extracto de algunos de los subsistemas que integran la categoría de equipos denominada molino.

Tabla 25.*Nivel jerárquico 7 - categoría de subunidad*

Nivel 7 - subsistema / subunidad	
Subsistema o componente necesario para que el equipo padre funcione	Sistema accionamiento eléctrico
	Sistema chumaceras
	Sistema cuarta maza molino
	Sistema de arrastre
	Sistema de bombeo
	Sistema de coronas

Nota. Categoría de subunidad. Elaboración propia, realizado con Excel.

Codificación nivel 7 – subunidad: para este nivel correspondiente a subunidad, se utiliza una codificación combinada, que está compuesta por siete caracteres alfanuméricos; cinco alfabéticos que indican el tipo de subsistema del equipo y los dos numéricos representan la secuencia de números consecutivos de cada subsistema, iniciando con el número 01, correspondiente a sistema obra civil. A continuación, en la tabla 26, se proporciona un extracto de dicha codificación.

Tabla 26.*Codificación nivel 7 - categoría de subunidad*

Nivel 7 - subsistema / subunidad	
Descripción	Codificación
Sistema accionamiento eléctrico	06ACCIO
Sistema chumaceras	15CHUMA
Sistema cuarta maza molino	23MZ4TA
Sistema de arrastre	14ARRAS

Continuación de la tabla 26.

Nivel 7 - subsistema / subunidad	
Descripción	Codificación
Sistema de bombeo	30BOMBE
Sistema de coronas	41CORON

Nota. Categoría de subunidad. Elaboración propia, realizado con Excel.

5.2.9. Clasificación de ítem mantenible

En esta clasificación de la taxonomía se identifican todos los componentes o ítems mantenibles pertenecientes a cada uno de los subsistemas o subunidades registrados en el nivel anterior.

Los componentes son los elementos fundamentales de la estructura del equipo, cada uno desempeña una función específica. En estos elementos principalmente se realizan las acciones de mantenimiento, con el fin de garantizar la confiabilidad deseada del sistema.

En la tabla 27 se proporciona un extracto de algunos de los componentes o ítems mantenibles que conforman el subsistema denominado Sistema Lubricación perteneciente al equipo maza cañera molino 2 TB.

Tabla 27.*Nivel jerárquico 8 - categoría de componente o ítem mantenible*

Nivel 8 - componente / Ítem mantenible	
Grupo de partes del equipo que son mantenidos (reparados / restaurados) como un todo.	Bomba 1 sistema lubricación reductor planetario maza cañera molino 2 TB
	Bomba 2 sistema lubricación reductor planetario maza cañera molino 2 TB
	Motor 1 sistema lubricación reductor planetario maza cañera molino 2 TB
	Motor 2 sistema lubricación reductor planetario maza cañera molino 2 TB
	Sistema de lubricación reductor planetario maza cañera molino 2 TB
	Transmisor temperatura aceite red. Cañero molino 2B

Nota. Categoría de componente o ítem mantenible. Elaboración propia, realizado con Excel.

Codificación nivel 8 – componente o ítem mantenible: una forma de mejorar un sistema es mediante la introducción de redundancias en sus componentes. La redundancia se refiere a la inclusión de componentes de reserva en el sistema, con el propósito de que puedan entrar en funcionamiento de manera inmediata, en caso de fallo de los componentes primarios. El objetivo de esta estrategia es mejorar la confiabilidad del sistema, permite prevenir el impacto de posibles fallos y garantizando así la continuidad operativa.

La codificación de este nivel se realiza con dos caracteres numéricos, que representan el número correlativo de los componentes redundantes de un subsistema correspondiente a un determinado equipo de la sección de molinos. Si el componente no tiene redundancia se asigna el código: 00.

En el apartado 2.5.2 se mencionó que, cada componente tiene una codificación por familia de equipos denominado código de activo, el cuál es un sistema de codificación propio de San Diego para el ordenamiento y utilizado con fines financieros. Adicionalmente se agrega este código a cada componente en una columna complementaria, pero se excluye de la concatenación para formar el TAG.

En la tabla 28 se detalla la codificación de los ítems mantenibles que conforman el subsistema denominado sistema lubricación perteneciente al equipo maza cañera molino 2 TB.

Tabla 28.

Codificación nivel 8 - categoría de componente o ítem mantenible

NIVEL 8 - componente / ítem mantenible		Complementario
Descripción	Codificación n	Código Activo
Sistema de lubricación reductor planetario maza cañera molino 2 TB	00	M190026
Bomba 1 sistema lubricación reductor planetario maza cañera molino 2 TB	01	M010518
Motor 1 sistema lubricación reductor planetario maza cañera molino 2 TB	01	M021108
Bomba 2 sistema lubricación reductor planetario maza cañera molino 2 TB	02	M010517
Motor 2 sistema lubricación reductor planetario maza cañera molino 2 TB	02	M021107
Transmisor temperatura aceite red. Cañero molino 2B	01	M541109

Nota. Categoría de componente o ítem mantenible. Elaboración propia, realizado con Excel.

5.2.10. Clasificación de pieza

Esta clasificación es el último nivel jerárquico de la taxonomía, identifica minuciosamente cada una de las piezas o partes, considerados como elementos individuales, que conforman un componente específico. Las piezas o partes son las unidades finales de la división del equipo.

En la tabla 29 se proporciona un extracto de algunas de las piezas o partes que conforman el ítem mantenible cuchilla cuarta maza, perteneciente al subsistema sistema de peine y cuchilla central del equipo molino 1 TB.

Tabla 29.

Nivel jerárquico 9 - categoría de pieza o parte

Nivel 9 - Parte	
Una pieza o repuesto de un equipo	Tornillo cab. Hex. HN M24 X 290 mm G 10.9
	Tuerca Hex Seguridad M24 P 3 R O
	Arandela plana M24
	Tornillo cab. Hex. HN M30 X 60 mm
	Arandela plana M30
	Arandela de presión M30

Nota. Categoría de pieza o parte. Elaboración propia, realizado con Excel.

Codificación nivel 9 – pieza o parte: en San Diego la codificación de este último nivel se realiza empleando el sistema informático de planificación de recursos empresariales (SAP), que genera un código denominado código de artículo utilizado para identificar todos los insumos que ingresan al almacén de materiales, incluyendo la identificación de cada una de las piezas individuales que conforman cada ítem mantenible de los equipos. Este código de artículo representa la codificación del nivel 9 en la taxonomía de equipos.

Esta codificación está conformada por siete caracteres numéricos de la siguiente manera:

- 0000000 - número del repuesto o pieza del ítem mantenible (código artículo - SAP)

En el presente trabajo, se omite la codificación aplicada a la estructura desarrollada para la taxonomía correspondiente al nivel 9 de los activos físicos del área de extracción. Esta omisión se justifica por el hecho de que dicha codificación es inherente al sistema informático previamente mencionado.

A continuación, se presenta en la tabla 30 un ejemplo de los códigos de artículos generados por el sistema informático (SAP), para determinadas piezas que conforman el ítem mantenible cuchilla cuarta maza, perteneciente al subsistema sistema de peine y cuchilla central, que corresponde al equipo molino 1 TB.

Tabla 30.
Codificación nivel 9 - categoría de pieza o parte

Nivel 9 - parte	
Descripción	Codificación (SAP)
Tornillo cab. Hex. HN M24 X 290 mm G 10.9	0089061
Tuerca Hex Seguridad M24 P 3 R O	0072319
Arandela plana M24	0086034
Tornillo cab. Hex. HN M30 X 60 mm	0060855
Arandela plana M30	0022596

Nota. Categoría de pieza o parte. Elaboración propia, realizado con Excel.

5.2.11. Diagrama de jerarquía de los activos

Los activos físicos, como maquinaria, equipo, infraestructuras y sistemas, son pilares fundamentales en la operación de cualquier organización industrial. La eficiencia en su gestión es esencial para maximizar la rentabilidad y minimizar los costos operativos.

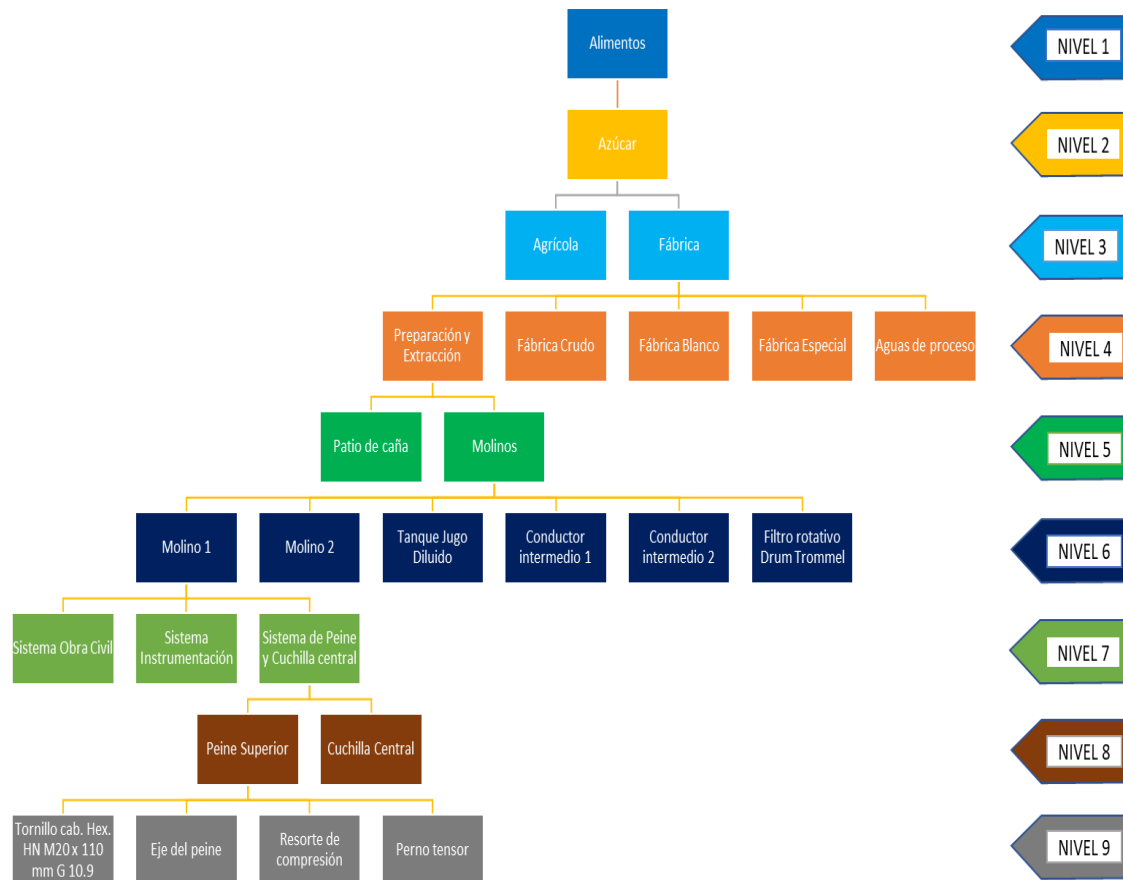
La jerarquía de activos físicos se refiere a la organización de los activos en una estructura jerárquica que refleja su relación y dependencia mutua. Los activos se organizan en niveles, desde el nivel más alto, la planta, hasta el nivel más bajo, las piezas específicas de los componentes que conforman los equipos.

El diagrama de jerarquía se emplea para representar la estructura y relación de los activos, logrando una visualización completa para contribuir a la toma de decisiones informadas, la planificación de mantenimiento y la asignación de recursos de manera eficiente.

A continuación, se presenta en las figuras 43 y 44, una ilustración detallada de la implementación de la taxonomía en relación con los activos físicos dentro de la instalación del proceso de Preparación y Extracción para la planta de San Diego, con referencia de las directrices de la norma 14224.

Figura 43.

Diagrama de jerarquización de activos con 9 niveles



Nota. Diagrama de jerarquización de activos con 9 niveles, aplicando la taxonomía de la Norma ISO 14224:2016 a los activos físicos del proceso de Extracción de la planta San Diego. Elaboración propia, realizado con Excel.

Figura 44.
Jerarquía de sistemas y equipos con niveles del 1 al 8

ESTRUCTURA							
1	2	3	4	5	6	7	8
Industria	Categoría del negocio	Instalación	Planta / Unidad	Sección / Sistema	Descripción equipo padre	Sub sistema / Componente	Sub componente
Alimentos	Azúcar	Fábrica	Preparación y extracción	Patio de caña			
				Molinos	Conductor Intermedio Molino 1 TB (donelly)		
					Conductor Intermedio Molino 2 TB (donelly)		
					Conductor Intermedio Molino 3 TB (Donelly)		
					Conductor Intermedio Molino 4 TB (donelly)		
					Tanque de Imbibición Molinos TB		
					Tanque Jugo Diluido TB		
					Tanque Jugo Mezclado TB		
					Tanque Jugo Primario TB		
					Molino 5 TB		
					Molino 4 TB		
					Molino 3 TB		
					Molino 2 TB		
					Molino 1 TB		
					Filtro Drum Tromel Molinos TB		
					Maza Bagacera Molino 1 TB		
					Maza Bagacera Molino 2 TB		
					Maza cañera Molino 1 TB		
					Maza Cañera Molino 2 TB		
					Sistema Accionamiento Electrico	Motor Movimiento Reductor Planetario Maza Cañera Molino 2 TB	
						Motor Ventilador Forzado Planetario Maza Cañera Molino 2 TB	
					Sistema De Transmisión	Reductor Planetario Maza Cañera Molino 2 TB	
					Sistema Lubricación	Bomba 1 Sistema Lubricación Reductor Planetario Maza Cañera Molino 2 TB	
						Bomba 2 Sistema Lubricación Reductor Planetario Maza Cañera Molino 2 TB	
						Motor 1 Sistema Lubricación Reductor Planetario Maza Cañera Molino 2 TB	
						Motor 2 Sistema Lubricación Reductor Planetario Maza Cañera Molino 2 TB	
						Sistema de Lubricacion Reductor Planetario Maza Cañera Molino 2 TB	
						Transmisor temperatura aceite red. Cañero molino 2B	
						Maza Cañera Molino 2 TB	
					Sistema Maza Cañera Molino		
					Sistema Eléctrico	Panel Electrico Sist. Lubri. Planetario Masa Cañera Molino 2B	
						Variador Masa Cañera Molino 2 TB	

Nota. Jerarquía de sistemas y equipos con niveles del 1 al 8, aplicado a los activos físicos del proceso de Extracción de la planta San Diego. Elaboración propia, realizado con Excel.

5.3. Clasificación de equipos y aplicación taxonómica

La jerarquización de clases de los activos físicos se realiza utilizando información clara y estructurada de las características técnicas de cada uno de los equipos y sus condiciones operativas, considerando todo el ciclo de vida operativo, y empleando como guía los ejemplos, lineamientos y principios que proporciona la norma ISO 14224:2016 para la recopilación, intercambio y combinación de los datos en un formato particular, aplicable a equipos similares en toda la instalación.

En el esquema de la industria azucarera, se puede adaptar la taxonomía de la norma ISO 14224:2016 para su aplicación en los activos físicos de los distintos procesos. En el complejo industrial existen distintas áreas que realizan un proceso específico como el patio de caña, molinos, clarificación, evaporación y otros, conformando el nivel que corresponde a la sección. En el nivel subsiguiente, el análisis realizado a nivel de equipo padre se entiende como los equipos principales dentro del proceso específicamente de extracción, por ejemplo: molinos, conductores intermedios, tanques de jugo, mazas, y otros; cada uno compuesto por subsistemas. Seguidamente en un nivel inferior se obtiene la segregación de los componentes principales con el objetivo de establecer sobre ellos las acciones de mantenimiento correspondientes. En un último nivel se detalla el listado de las piezas que constituyen cada componente.

El análisis de los diferentes niveles de la taxonomía fue aplicado a los activos físicos presentes en la instalación del proceso de extracción, como fundamento principal de este trabajo. A continuación, se presenta la implementación de dicha taxonomía.

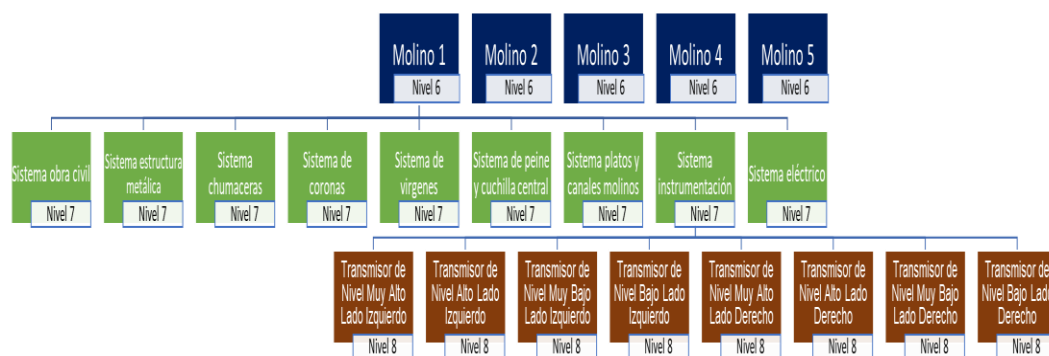
5.3.1. Aplicación de la taxonomía al molino 1

Para la aplicación de la taxonomía a los activos físicos en el área de extracción, se realizaron los procesos de clasificación basados en la información recopilada y la descripción de los equipos. Esta clasificación se estructuró de manera jerárquica, con el propósito de organizar sistemáticamente la información.

En la figura 45, se presenta la división de los subsistemas principales del molino 1 de acuerdo con sus funciones específicas, y la agrupación de los ítems mantenibles relacionados con el sistema de instrumentación.

Figura 45.

Taxonomía del molino 1 con niveles del 6 al 8. Equipo, sistemas y componentes



Nota. Taxonomía aplicada al molino 1. Elaboración propia, realizado con Excel.

A continuación, en la tabla 31 se detallan algunos de los subsistemas que componen el equipo designado como molino 1 TB, y se identifican los componentes que le pertenecen a cada subsistema. Adicionalmente se proporciona su codificación correspondiente a los niveles taxonómicos 7 y 8.

Tabla 31.

Codificación de los niveles 7 y 8 de la taxonomía aplicada al molino 1

Nivel 6		Nivel 7		Nivel 8		Complementario
Equipo	Subsistema	COD 7	componente	COD 8	Código activo	
Molino	Sistema	Obra	01CIVIL	00	M140007	
1 TB	Civil					

Continuación de la tabla 31.

Nivel 6 equipo	Nivel 7		Nivel 8		Complementario
	subsistema	COD 7	componente	COD 8	Código activo
Molino 1 TB	Sistema	03ESTME		000	M140007
	Estructura metálica				
	Sistema	15CHUMA		000	M140007
	chumaceras				
	Sistema	de 41CORON		000	M140007
	coronas				
	Sistema	de 20VIRGE		000	M140007
	Vírgenes				
	Sistema	de 21PEYCU	Peine Superior	000	M140007
	peine y cuchilla central		Peine Bagacero	000	M140007
			Cuchilla Central	000	M140007
			Cuchilla 4ta	000	M140007
	Sistema platos y canales molinos	22PLYCA		000	M140007
	sistema	08INSTR	Transmisor	de 001	M541206
Instrumentación		Nivel Muy Alto			
		Lado Izquierdo			
		Molino 1 TB			
		Transmisor	de 001	M541212	
		Nivel Bajo Lado			
		Derecho Molino 1			
		TB			
		Transmisor	de 001	M541265	
		Nivel Alto Lado			
		Derecho Molino 1			
		TB			

Continuación de la tabla 31.

Nivel 6 equipo	Nivel 7	Nivel 8	Complementario	
subsistema	COD 7	componente	COD 8	Código activo
		Transmisor de	001	M541211
		Nivel Muy Alto		
		Lado Derecho		
		Molino 1 TB		

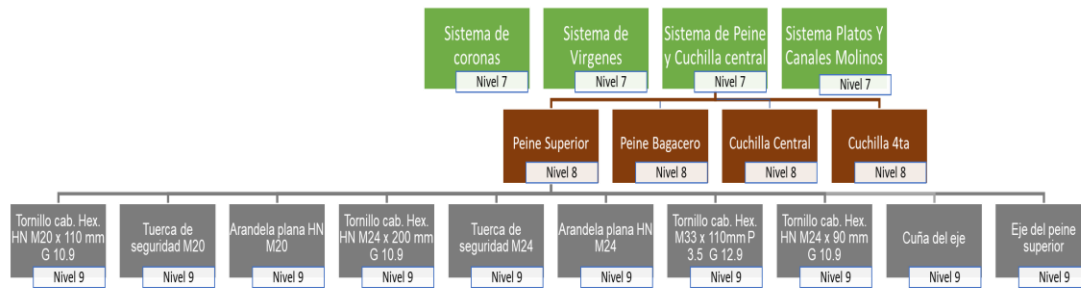
Nota. Codificación de los niveles 7 y 8 de la taxonomía aplicada al molino 1. Equipo, sistemas y componentes. Elaboración propia, realizado con Excel.

5.3.2. Subdivisión de un componente del molino 1 niveles jerárquicos 8 y 9

En la figura 46, se presenta la descomposición del componente identificado como peine superior del molino 1, desglosado en unidades finales o piezas individuales. Estas representan los elementos en los cuales se debe realizar las acciones de mantenimiento con el propósito de lograr el nivel de confiabilidad requerido.

Figura 46.

Taxonomía de un componente del molino 1 con niveles del 7 al 9



Nota. Taxonomía aplicada a un componente del molino 1 con niveles del 7 al 9. Sistemas, componentes y piezas. Elaboración propia, realizado con Excel.

En la tabla 32 se presenta la segregación de algunas piezas individuales que conforman el componente designado peine superior, perteneciente al subsistema denominado sistema de peine y cuchilla central del equipo molino 1 TB, y su relación con los niveles taxonómicos precedentes. Adicionalmente se proporciona la codificación correspondiente a los niveles taxonómicos 7 y 8.

Tabla 32.

Codificación de los niveles 7 y 8 de la taxonomía

Nivel 6		Nivel 7		Nivel 8		Nivel 9	
Equipo	Subsistema	COD 7	Componente	Activo	COD		Cantidad
					8	Pieza/Parte	
Molino 1 TB	Sistema de Peine y Cuchilla central	21PEYCU	Peine Superior	M140007	00	Tornillo cab. Hex. HN M20 x 110 mm G 10.9	17
						Tuerca de seguridad M20	17
						Arandela plana HN M20	17
						Tornillo cab. Hex. HN M24 x 200 mm G 10.9	10
						Tuerca de seguridad M24	10
						Arandela plana HN M24	10
						Tornillo cab. Hex. M33 x 110mm P 3.5 G 12.9	12
						Tornillo cab. Hex. HN M24 x 90 mm G 10.9	4
						Tuerca de seguridad M24	4
						Arandela plana HN M24	4
						Cuña del eje	2
						Eje del peine superior	1
						Platina para soporte de peine	1
						Soporte de ajuste del perno tensor	2
						Soporte de sujeción eje peine - chumacera superior	2
						Tapadera del soporte de sujeción eje peine - chumacera superior	2
						Perno tensor	2
						Tuerca Hex. HN 1-1/2"	4
						Arandela del resorte de compresión	4
						Resorte de compresión	2
						Buje Guía del perno tensor	2
						Tornillo de sujeción del buje guía	4
						Peine superior 84 pulg	1

Nota. Codificación de los niveles 7 y 8 de la taxonomía aplicada a un componente del molino 1. Sistemas y componentes. La descripción del nivel 9 piezas. Elaboración propia, realizado con Excel.

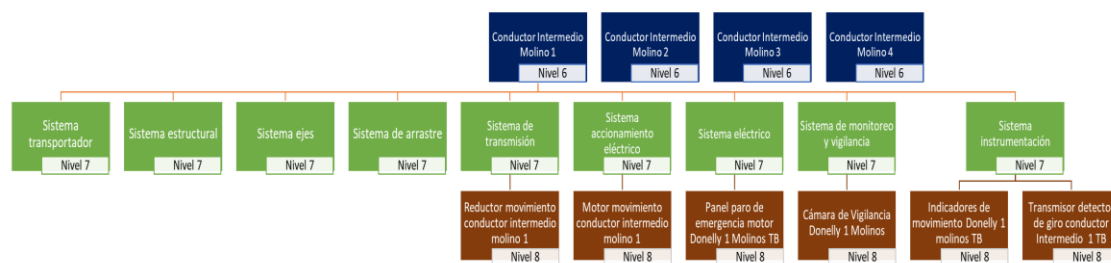
5.3.3. Aplicación de la taxonomía al conductor intermedio 1

Dentro del conjunto de equipos seleccionados para la implementación de la taxonomía, se encuentra el conductor intermedio 1. Para este equipo, se han definido los niveles jerárquicos que abarcan sus sistemas correspondientes.

En la figura 47, se presenta la división de los subsistemas principales del conductor intermedio 1 de acuerdo con sus funciones específicas, y la descomposición de los ítems mantenibles asociados a cada uno de los subsistemas.

Figura 47.

Taxonomía del conductor Intermedio 1 con niveles del 6 al 8



Nota. Taxonomía aplicada al conductor Intermedio 1 con niveles del 6 al 8. Equipo, sistemas y componentes. Elaboración propia, realizado con Excel.

En la tabla 33 se presentan algunos de los subsistemas que conforman el equipo designado como conductor Intermedio 1, y se detallan los componentes que le pertenecen a cada uno de los subsistemas. Adicionalmente se incluye su codificación correspondiente a los niveles taxonómicos 7 y 8.

Tabla 33.*Codificación de los niveles 7 y 8 de la taxonomía*

Nivel 6	Nivel 7	Nivel 8	Complementario		
Equipo	Subsistema	COD 7	componente	COD 8	Código Activo
Conductor Intermedio Molino 1 TB (donelly)	Sistema transportador	16TRANP		00	M160005
	Sistema estructural	03ESTME		00	M160005
	Sistema ejes	40SEJES		00	M160005
	Sistema de arrastre	14ARRAS	Cadena de arrastre	00	M160005
			Tablillas de arrastre	00	M160005
	Sistema de transmisión	07TRANS	Reductor movimiento conductor intermedio molino 1 (donelly) TB	01	M030406
			Motor movimiento conductor intermedio molino 1 (donelly) TB	01	M021155
	Sistema accionamiento electrico	06ACCIO			
	Sistema eléctrico	05ELECT	Panel paro de emergencia motor Donely 1 molinos TB	01	M450804
	Sistema de monitoreo y vigilancia	09MOYVI	Cámara de vigilancia Donelly 1 molinos	01	T100250
	Sistema instrumentación	08INSTR	Transmisor detector de giro Donelly 1B	01	M541892
			Indicadores de movimiento Donelly 1 molinos TB	01	M540371
			Transmisor detector de giro conductor intermedio 1 TB	01	M541244

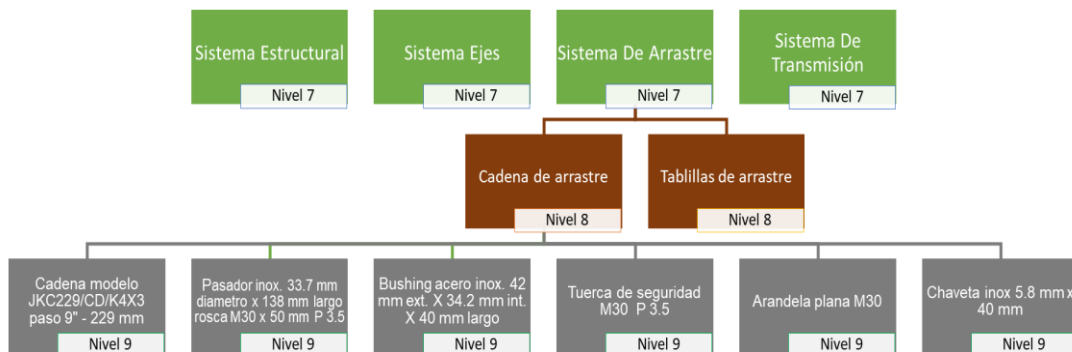
Nota. Codificación de los niveles 7 y 8 de la taxonomía aplicada al Conductor Intermedio 1. Equipo, sistemas y componentes. Elaboración propia, realizado con Excel.

5.3.4. Subdivisión de un componente del conductor intermedio 1 niveles jerárquicos 8 y 9

En la figura 48 se presenta la segregación del componente designado como cadena de arrastre perteneciente al sistema de arrastre del conductor intermedio 1, desglosado en piezas o partes individuales. Estas unidades constituyen los elementos específicos sobre los cuales se debe realizar las acciones de mantenimiento con el propósito de alcanzar el nivel de confiabilidad deseado.

Figura 48.

Taxonomía de un componente del conductor intermedio 1 con niveles del 7 al 9



Nota. Taxonomía aplicada a un componente del conductor intermedio 1 con niveles del 7 al 9. Sistemas, componentes y piezas. Elaboración propia, realizado con Excel.

En la tabla 34 se presenta la segregación de algunas piezas individuales que conforman el componente designado cadena de arrastre, perteneciente al subsistema denominado Sistema de arrastre del equipo conductor intermedio 1, y su relación con los niveles taxonómicos precedentes. Adicionalmente se proporciona la codificación correspondiente a los niveles taxonómicos 7 y 8.

Tabla 34.

Codificación de los niveles 7 y 8 de la taxonomía

Nivel 6	Nivel 7	Nivel 8	Nivel 9	
Equipo	Subsistema	Componente	CO D 8	Cantidad
Conductor intermedio 1 TB (donelly)	Sistema de arrastre	Cadena de arrastre	Cadena modelo JKC229/CD/K4X3 paso 9" - 229 mm	180
			Pasador inox. 33.7 mm diametro x 138 mm largo	
			rosca M30 x 50 mm P 3.5	180
			Bushing acero inox. 42 mm ext. X 34.2 mm int. X 40 mm largo	180
			Tuerca de seguridad M30 P 3.5	180
			Arandela plana M30	180
			Chaveta inox 5.8 mm x 40 mm	180
			Tablillas 120 mm ancho x 2285 mm largo	30
			Tornillo cab. Hex. M20 x 80 mm G 10.9 R.O.	240
			Tuerca de seguridad M20 R.O.	240
			Guía de arrastre para tablilla	60
			Platina seguro/seguridad/bloqueo/cierre/fija/fijación/para guía de arrastre	120

Nota. Codificación de los niveles 7 y 8 de la taxonomía aplicada a un componente del Conductor Intermedio 1. Sistemas y componentes. La descripción del nivel 9 piezas. Elaboración propia, realizado con Excel.

CONCLUSIONES

1. La implementación de una taxonomía de activos físicos basada en la norma ISO 14224:2016 es esencial para la gestión efectiva de activos en Ingenio Trinidad, Corporación San Diego. Para este fin fue necesario identificar los componentes de cada equipo y su funcionamiento, dado que la taxonomía proporciona una estructura organizativa coherente que permite una clasificación precisa de los equipos en diferentes niveles jerárquicos, al facilitar la toma de decisiones informadas sobre el mantenimiento y la operación de los activos físicos.
2. Para la aplicación de la taxonomía se debe tener claros los conceptos de la gestión de activos y de la norma ISO 14224, ya que esta no solo organiza los datos de manera coherente, sino que también mejora significativamente la eficiencia y la eficacia en la gestión de activos. La estructura jerárquica permite una localización rápida de equipos, su referencia precisa en órdenes de trabajo, planos, y la creación de registros históricos detallados. Esta optimización contribuye a una gestión más precisa de los costos, recursos asociados a la operación y mantenimiento de los activos.
3. Al buscar implementar la estandarización de la clasificación de activos según la Norma ISO 14224, se evaluaron y seleccionaron los activos físicos del área de Extracción a los cuales se les aplicó la taxonomía que facilitó el intercambio eficiente de información entre diversas partes interesadas. Ya que la utilización de una codificación homologada asegura la consistencia en la descripción de los equipos y las actividades de

mantenimiento, y permite compartir datos e intercambiar información entre las partes interesadas.

4. La propuesta de implementación de la taxonomía de los activos físicos en el área de extracción proporciona una clasificación estructurada y brinda la posibilidad de la mejora en la confiabilidad de los equipos a lo largo de su ciclo de vida, ya que permite la cuantificación de la confiabilidad y su comparación con estándares similares.
5. La estructura jerárquica resultante de la taxonomía organiza los datos de manera precisa e impulsa la mejora en la eficiencia operativa. Permite una visión clara de las relaciones de dependencia entre los equipos, lo que facilita la planificación y ejecución de actividades de mantenimiento, para promover una operación más fluida y una toma de decisiones fundamentada.

RECOMENDACIONES

1. Ampliar la identificación de componentes de los equipos del área de Extracción, especialmente aquellos que puedan tener un impacto significativo en la confiabilidad y el rendimiento. Este análisis más detallado permitirá una implementación más precisa de la taxonomía, y la contribución a una gestión más eficiente de sus activos.
2. Fortalecer las capacidades del personal en los conceptos fundamentales de la norma ISO 14224. Esto incluye proporcionar capacitación continua sobre la interpretación y aplicación de la norma, para asegurar que todos los involucrados comprendan plenamente cómo la taxonomía puede optimizar la gestión de activos.
3. Explorar la posibilidad de extender la taxonomía a otras áreas de la Corporación San Diego. La aplicación inicial en el área de Extracción, podría servir como modelo para mejorar la consistencia y la eficiencia en la gestión de sus activos, con el fin de maximizar los beneficios derivados de la implementación de la norma ISO 14224.
4. Establecer un sistema de monitoreo continuo para aumentar la confiabilidad de los equipos, con la información generada por la taxonomía. Esto permitirá evaluar regularmente la efectividad de las estrategias de mantenimiento y realizar ajustes según sea necesario para garantizar un rendimiento óptimo a lo largo del ciclo de vida de los activos.

5. Explorar la posibilidad de integrar tecnologías de la información, como un sistema informático de gestión de activos, para optimizar la administración de datos generados por la taxonomía. Una plataforma tecnológica sólida facilitará la accesibilidad, el análisis y la utilización eficiente de la información, lo que mejorará la toma de decisiones y la eficacia operativa.

REFERENCIAS

- British Standards Institution. (2008). *PAS 55-1:2008*. <https://doi.org/978-0-9563934-0-1>
- British Standards Institution. (2016). *BS EN ISO 14224:2016: Prólogo Nacional*. <https://doi.org/978-0-580-90387-8>
- Comité Técnico CEN/TC 319 Mantenimiento. (2015). *UNE-EN 16646 Mantenimiento en la gestión de los activos físicos*. AENOR. <https://doi.org/21496:2015>
- Corporación San Diego. (2023). *Documentación*. <https://www.sandiego.com.gt/>
- Garrido, S. G. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Ediciones Díaz de Santos, S.A. <https://doi.org/84-7978-548-9>
- Institute of Asset Management. (2015). *Gestión de activos: una anatomía*.
- Márquez, J. Á. (2017). *Mantenimiento: Técnicas y aplicaciones industriales*. Grupo Editorial Patria. <https://doi.org/9786077444947>
- Moubray, J. (2004). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*. Aladon LLC. <https://doi.org/09539603-2-3>

Rein, P. W. (2012). *Ingeniería de la Cana de Azúcar*. Verlag Dr. Albert Bartens
Kt. <https://doi.org/978-3-87040-142-9>