



**Diseño y estructuración de plan de mantenimiento de la nueva formadora de tubos en AA  
Metals S.A.S**

Juan Diego Ramírez Gómez

Trabajo de grado presentado para optar al título de Ingeniero Mecánico

Asesor interno

Silvio Andrés Salazar Martínez, Magister (MSc) en ingeniería

Asesor externo

Juner Leandro Carvajal Usme, Especialista (Esp) en preparación y evaluación de proyectos,  
Ingeniero Mecánico.

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Mecánica

Medellín, Antioquia, Colombia

2022

---

<b>Cita</b>	(Ramírez Gómez, 2022)
<b>Referencia</b>	Ramírez Gómez, J. D. (2022). <i>Diseño, montaje y estructuración de plan de mantenimiento de la nueva formadora de tubos en AA Metals S.A.S.</i> [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia).
<b>Estilo APA 7 (2020)</b>	

---



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

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

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes.

**Decano:** Jesús Francisco Vargas Bonilla.

**Jefe departamento:** Pedro León Simanca.

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

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo y este camino recorrido a mi hijo, motor de mi vida y fuente de inspiración en cada paso que doy.

Además, a mis padres y hermano, pues sin su ayuda y apoyo nada de lo logrado sería posible.

## **Agradecimientos**

Agradezco profundamente a mi universidad querida, mi alma mater, por brindarme el conocimiento y valores necesarios para este camino, pero principalmente por llevarme a mi sueño de niño.

## Tabla de contenido

Resumen	10
Abstract	11
Introducción	12
1 Objetivos	15
1.1 Objetivo general	15
1.2 Objetivos específicos	15
2 Marco teórico	16
2.1 Historia del mantenimiento:	16
2.2 Normativa Colombiana	18
2.3 Importancia del factor financiero	19
3 Metodología	20
3.1 Históricos de AA Metals S.A.S	20
3.1.1 Históricos financieros	20
3.1.2 Históricos de consumo energético	21
3.1.3 Históricos de producción	21
3.1.4 Históricos de mantenimiento	22
3.2 Alineación, nivelación y montaje de la maquina	26
3.2.1 Pasos Para la alineación y nivelación	28
3.2.1.1 Trazado de línea con un Teodolito (cimbra)	28
3.2.1.2 Preparación de herramental	29
3.2.1.3 Tirado de hilo y verificación con línea trazada con topografía	29
3.2.1.4 Alineación y nivelación Forming y Sizing	30
3.2.1.5 Alineación Cut-off	31
3.2.1.6 Anclaje con autonivelante	32

3.3 Taxonomía de la Nueva Formadora de Tubos	33
3.4 Matriz de criticidad	36
3.5 Diseño del plan de mantenimiento preventivo	37
4 Resultados	45
5 Análisis	46
6 Conclusiones	47
Referencias	48
Anexos	49

## Lista de tablas

<b>Tabla 1.</b> <i>Taxonomía AA Metals Formadora de tubos abbey etna (Hasta nivel de equipos)</i> .....	24
<b>Tabla 2.</b> <i>Taxonomía Formadora de tubos Abbey etna: Nivel de Sub-Equipos</i> .....	24
<b>Tabla 3.</b> <i>Taxonomía AA Metals Formadora de tubos KDB 76 (hasta nivel de equipos)</i> .....	33
<b>Tabla 4.</b> <i>Taxonomía AA Metals Formadora de tubos KDB 76: Nivel de sub-equipos</i> .....	34
<b>Tabla 5.</b> <i>Taxonomía AA Metals Proceso de refrigeración (Hasta nivel de equipos)</i> .....	36
<b>Tabla 6.</b> <i>Taxonomía AA Metals Proceso de refrigeración: Nivel de sub-equipos.</i> .....	36
<b>Tabla 7.</b> <i>Rango de evaluación matriz de criticidad AA Metals</i> .....	37
<b>Tabla 8.</b> <i>Clasificación de equipos</i> .....	38

## Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> Materia Prima .....	12
<b>Figura 2.</b> Lamina obtenida en la CTL .....	12
<b>Figura 3.</b> Fleje obtenido en la Slitter .....	13
<b>Figura 4.</b> Tubería mecánica.....	13
<b>Figura 5.</b> Tendencias en la gestión del mantenimiento .....	17
<b>Figura 6.</b> Clasificación general del mantenimiento según UNE-EN 13306 .....	18
<b>Figura 7.</b> Gastos del área de mantenimiento por proceso .....	20
<b>Figura 8.</b> Consumo histórico de energía activa en kW/h por proceso en la empresa AA Metals (desde 9/08/2021 hasta 25/07/2022) .....	21
<b>Figura 9.</b> Producción en kilogramos del proceso de formado de tubos (2019,2020 y 2021).....	22
<b>Figura 10.</b> Clasificación Taxonómica AA Metals.....	23
<b>Figura 11.</b> Mantenimientos correctivos en AA Metals por proceso. ....	26
<b>Figura 12.</b> Inicio obra civil para Formadora de Tubos KBD76 .....	27
<b>Figura 13.</b> Pedestal para Formadora de Tubos KBD76 .....	27
<b>Figura 14.</b> Equipo de levantamiento Teodolito en un trípode.....	28
<b>Figura 15.</b> Marcación de línea de centro de maquina por medio una cimbra. ....	28
<b>Figura 16.</b> Herramental de la formadora de tubos.....	29
<b>Figura 17.</b> Tirado de Hilo sobre la máquina. ....	29
<b>Figura 18.</b> Alineación Formadora de tubos (Forming). ....	30
<b>Figura 19.</b> Alineación Formadora de tubos (Sizing).....	31
<b>Figura 20.</b> Alineación Formadora de tubos (Cut-off). ....	32
<b>Figura 21.</b> Anclaje final formadora de tubos (cut-off).....	33
<b>Figura 22.</b> Sistema de filtrado de soluble.....	35

<b>Figura 23.</b> Plan mantenimiento preventivo (Sistema de filtrado) .....	39
<b>Figura 24.</b> Plan mantenimiento preventivo (Looper).....	39
<b>Figura 25.</b> Plan mantenimiento preventivo (Uncoiler) .....	39
<b>Figura 26.</b> Plan mantenimiento preventivo (Torres de enfriamiento).....	40
<b>Figura 27.</b> Plan mantenimiento preventivo (Intercambiadores de calor).....	40
<b>Figura 28.</b> Plan mantenimiento preventivo (Gabinetes) .....	40
<b>Figura 29.</b> Plan mantenimiento preventivo (Consolas).....	40
<b>Figura 30.</b> Plan mantenimiento preventivo (FDT).....	41
<b>Figura 31.</b> Plan mantenimiento preventivo (SAF).....	41
<b>Figura 32.</b> Plan mantenimiento preventivo (Cortadora) .....	42
<b>Figura 33.</b> Plan mantenimiento preventivo (reductores).....	42
<b>Figura 34.</b> Plan mantenimiento preventivo (reductores criticos).....	43
<b>Figura 35.</b> Plan mantenimiento preventivo (Motores eléctricos críticos) .....	43
<b>Figura 36.</b> Plan mantenimiento preventivo (motores eléctricos) .....	43
<b>Figura 37.</b> Plan mantenimiento preventivo (moto bombas).....	44



## **Siglas, acrónimos y abreviaturas**

<b>APA</b>	American Psychological Association
<b>Esp.</b>	Especialista
<b>MSc</b>	Magister Scientiae
<b>UdeA</b>	Universidad de Antioquia
<b>UNE</b>	Organismo de Normalización español
<b>UN</b>	Organismo de Normalización Europeo
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization
<b>RCM</b>	Reliability Centered Maintenance
<b>HR</b>	Hot Rolled (Acero laminado en caliente)
<b>CR</b>	Cold Rolled (Acero laminado en frío)

## **Resumen**

Para diseñar un buen plan de mantenimiento es indispensable conocer el contexto operacional y los elementos con los que se cuenta dentro de la organización, en el presente trabajo se expone el contexto de la empresa AA Metals S.A.S y de los procesos de manufactura con los que se cuenta. Además, de un recuento histórico financiero, energético y del desarrollo del área de mantenimiento, con el propósito de conocer el proceso de formado de tubos.

Se muestra la elaboración y seguimiento de las obras de infraestructura, la instalación y alineación de la formadora de tubos para su adecuado funcionamiento.

Finalmente, se realiza un levantamiento de equipos para poder conocer a profundidad cada parte y su funcionamiento dentro del proceso, de esta forma se diseña el plan de mantenimiento y se garantiza una trazabilidad idónea de la gestión de mantenimiento.

*Palabras clave:* Formado de tubos, gestión de mantenimiento, plan de mantenimiento, diseño, alineación, trazabilidad.

## **Abstract**

In order to design a maintenance plan, it is essential to know the operation context and the elements that are available within an organization, therefore the present work shows the context of the AA Metals S.A.S company and the main manufacturing processes that are available, in addition to a financial historical account, power and the development of the maintenance area, with the objective of knowing to depth the tube mill process.

Likewise, the development and monitoring of infrastructure works is shown, where it is going to do the installation and alignment of the tube mill in optimal conditions for its correct operation.

Finally, an equipment survey is carried out to be able to know in depth each part and its operation within the process, to accomplish an optimal design of the maintenance plan and guarantee an ideal traceability of maintenance management.

*Keywords:* Forming pipes, maintenance management, maintenance plan, design, alignment, traceability.

## **Introducción**

AA Metals S.A.S es una empresa metalmecánica y manufacturera la cual cuenta en el momento con 4 procesos productivos: Formado de tubos, CTL (Laminadora), SLITTER y una cortadora laser. La materia prima obtenida por la empresa llega en presentación de Bobinas de acero Cold Rolled (CR), Hot Rolled (HR) y aluminio con un peso entre 7 y 13 toneladas, las cuales alimentan, en primera instancia, la CTL y la SLITTER.

***Figura 1. Materia Prima***



La CTL o laminadora es una máquina para realizar cortes transversales, obteniendo como resultado láminas de acero de diferentes tamaños y espesores. Siendo esta la fuente de materia prima de la cortadora laser.

***Figura 2. Lamina obtenida en la CTL***



La SLITTER es una maquina industrial que realiza cortes longitudinales de las bobinas de acero, cambiándole su ancho de acuerdo con los requisitos de cliente, esta nueva bobina obtenida es llamada fleje, la cual, es un producto final. Además, este proceso genera la materia prima para la formadora de tubos, según las necesidades de fabricación.

***Figura 3. Fleje obtenido en la Slitter***



La formación de tubos es el principal proceso de AA Metals S.A.S, donde se ofrece un catálogo variado de tubería mecánica, con diferentes geometrías, tales como, circulares, ovalados, cuadrados y rectangulares, de varios diámetros y con diferentes calibres (espesor de lámina).

***Figura 4. Tubería mecánica***



La gran visión de AA Metals S.A.S de mercado hace que en la actualidad se esté internando en un gran y prometedor proyecto, el cual, es la adquisición de una nueva formadora de tubos, con la finalidad de aumentar la capacidad de producción y continuar perfilándose como una de las empresas líderes en fabricación de tubería mecánica, de esta manera, aumentar el número de clientes potenciales a lo largo del país.

Para este proyecto, ya se cuenta con una bodega adquirida por la empresa y la compra de la formadora se realizó con una empresa brasileña llamada KDB INDUSTRIAL. El diseño y ejecución de la parte de infraestructura, sistema hidráulico y eléctrico es realizado por AA Metals; y para garantizar una correcta alineación, nivelación y puesta en marcha, la obra civil se contrató con un tercero, de acuerdo con los requerimientos de KDB INDUSTRIAL.

Posteriormente se hizo un análisis de los históricos de la formadora Numero 1 (formadora actual) en costos de mantenimiento, consumo energético, producción y frecuencias de mantenimiento correctivo de los 3 procesos principales, con la finalidad de justificar el enfoque del trabajo.

Finalmente se realizó un análisis y levantamiento de equipo en detalle de toda la nueva formadora de tubos para diseñar un plan de mantenimiento preventivo y garantizar una trazabilidad confiable de todas las acciones del área de mantenimiento con la finalidad de reducir tiempos de mantenimiento correctivos, aumentar tiempos de producción y por ende influir directamente en la mejora de la rentabilidad de la empresa.

# **1 Objetivos**

## **1.1 Objetivo general**

Diseñar y ejecutar el plan de mantenimiento para la nueva formadora de tubos garantizando una trazabilidad idónea.

## **1.2 Objetivos específicos**

- Seguir y controlar la obra civil y de infraestructura
- Realizar alineación, nivelación y montaje de la máquina.
- Seguir y verificar históricos de mantenimiento de la empresa.
- Investigar Taxonomía y codificación utilizada en la empresa.
- Hacer levantamiento de los equipos y jerarquizar según la taxonomía establecida en la empresa.
- Presentar el diseño final del plan de mantenimiento.

## **2 Marco teórico**

### **2.1 Historia del mantenimiento:**

En la historia de la humanidad el mantenimiento es un aspecto que ha estado implícito, puesto que, con el uso de las herramientas se presenta la necesidad de mantener la vida útil de estas; pero no es hasta la primera revolución industrial que el mantenimiento toma un puesto más importante para la humanidad. Concentrando los primeros esfuerzos mantenibles en los operarios, pues no se contaba aun con personal exclusivo para esta labor; a medida que la complejidad de las maquinas aumentaba, también aumentaba la necesidad de tener personal capacitado para desempeñar todas las labores de mantenimiento y se iba dejando atrás las creencias de que el mantenimiento solo tiene que ver con la mecánica, armar, desarmar y componer maquinas.

En este punto se puede decir que nace la gestión del mantenimiento, como actividad sistemáticamente organizada y tuvieron lugar, al parecer, los primeros casos conocidos, en fundiciones de Estados Unidos, y en el sector militar: en aviones y submarinos durante la Primera Guerra Mundial. En 1920, el mantenimiento mecánico ya se practicaba en plantas industriales, actividades de transporte, etc. De 1928 a 1930, aparecen las primeras empresas consultoras en este ámbito (F.J., 2016).

Consecutivamente con el desarrollo de la segunda guerra mundial se comienzan a implementar programas de mantenimiento preventivo, con la necesidad de inspeccionar los aviones antes de cada vuelo y posteriormente se formalizan técnicas y medidas para conocer probabilidades de fallo.

A finales de la década de los 60, comienza la aplicación sistemática de las técnicas de fiabilidad, permitiendo la predicción de los costes derivados de los fallos y el cálculo de la rentabilidad de la actividad de mantenimiento (F.J., 2016), es así como se da el nacimiento del mantenimiento centrado en la confiabilidad o RCM, como es conocido por sus siglas en ingles.

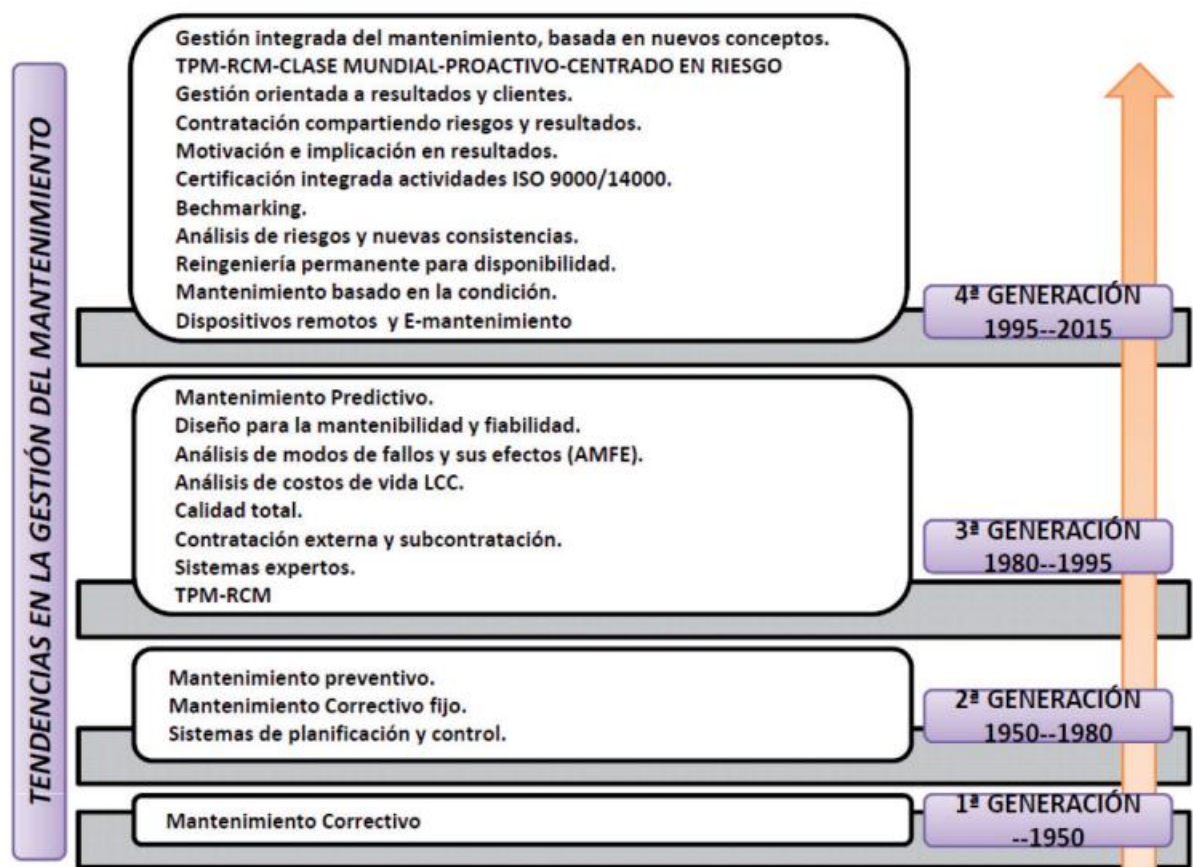
Para este punto el manejo y análisis de datos históricos empezó a tener gran relevancia, ya que a partir de este se pudo aumentar la productividad, así como la descripción de diversos métodos de optimización de políticas de mantenimiento. En esa línea, pero fijando como objetivo el aumento de productividad, Darnell y Bert en 1978 (Darnell, 1978), publican una contribución en la que abogan por el mantenimiento programado como medio de aumentar la productividad.



Con el desarrollo de diferentes líneas de análisis entorno al mantenimiento, se crea la necesidad de clasificar los tipos de mantenimiento, dando énfasis a la creciente iniciativa de hacer mantenimientos planificados.

A pesar de que es un poco complejo clasificar el mantenimiento, con una línea temporal que nos muestre los avances a lo largo de la historia se puede aclarar un poco este panorama, a continuación, se presenta una línea temporal que nos ayude con esta tarea.

*Figura 5. Tendencias en la gestión del mantenimiento*

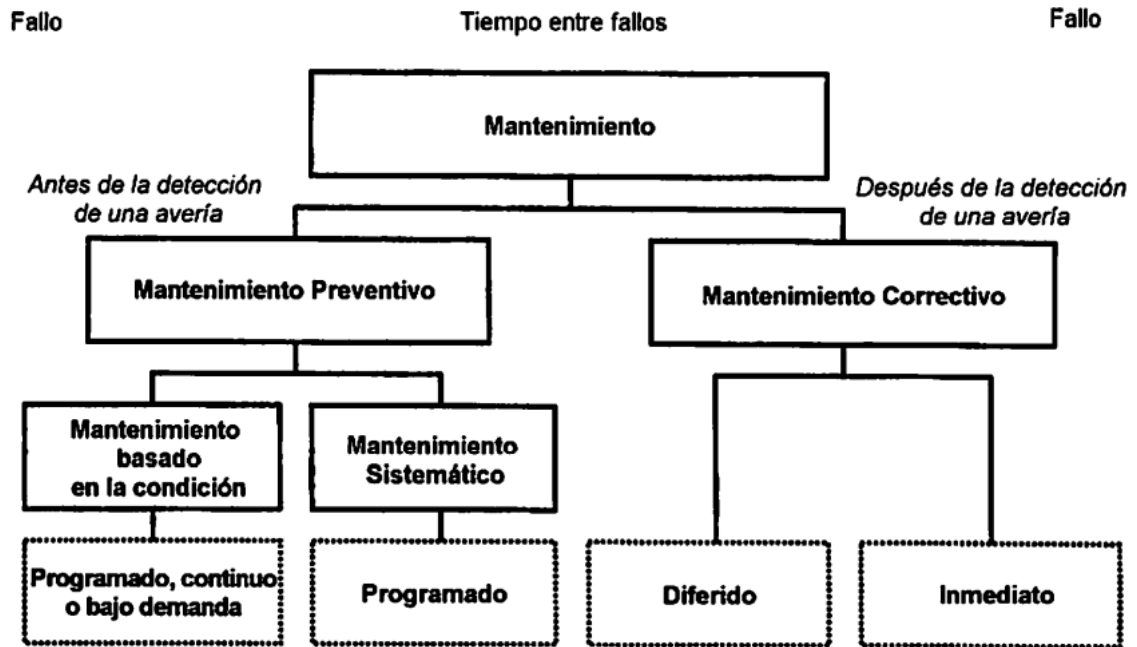


Nota. Fuente (F.J., 2016).

A partir de la *figura 5* se puede tener un panorama histórico claro frente al desarrollo y evolución del mantenimiento, pero que en este caso nos deja un horizonte de posibilidades demasiado amplio para nuestros intereses, es por esto por lo que, desde la Norma UNE EN 13306 (La cual es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 13306 de abril de 2001) se

puede llevar la clasificación de mantenimiento a una visión más general, como se muestra en la figura 6.

*Figura 6. Clasificación general del mantenimiento según UNE-EN 13306*



*Nota.* Fuente UNE EN 13306

## 2.2 Normativa Colombiana

Con la globalización de los mercados, las empresas en el mundo se han visto obligadas a cumplir con estándares de calidad internacionales que les permita ser competitivas a nivel regional, nacional e internacional. En Colombia, todas las organizaciones que deseen demostrar la calidad de sus productos o servicios deben certificarse cumpliendo con los requisitos de la Norma ISO 9001 (OLARTE C., BOTERO A., & CAÑÓN A., 2010,)

Para cumplir con los requisitos establecidos en la Norma ISO 9001, es indefectible que la industria cuente con un plan de mantenimiento bien establecido, con la finalidad de conservar los activos en el mejor estado posible y por consecuencia brindar unos estándares altos de calidad.

### **2.3 Importancia del factor financiero**

En la industria todo gira entorno a las rentabilidades financieras, por lo que es forzoso para la persona encargada de la gestión del mantenimiento tener este aspecto muy presente, principalmente con el control del costo del ciclo de vida; el cual se ve afectado principalmente por las erogaciones imputadas a operaciones y mantenimiento y los ingresos generados por la organización. Al realizar la planeación estratégica del mantenimiento, es decir el largo plazo de las actividades se define a su vez el costo de dichas actividades, además, al planear los tiempos tomados para realizar estas actividades se está definiendo cuanto tiempo no se está produciendo y por ende no se dispondrá del producto o servicio para ser traducido luego en ingresos.(Orrego Barrera, 2021).

### 3 Metodología

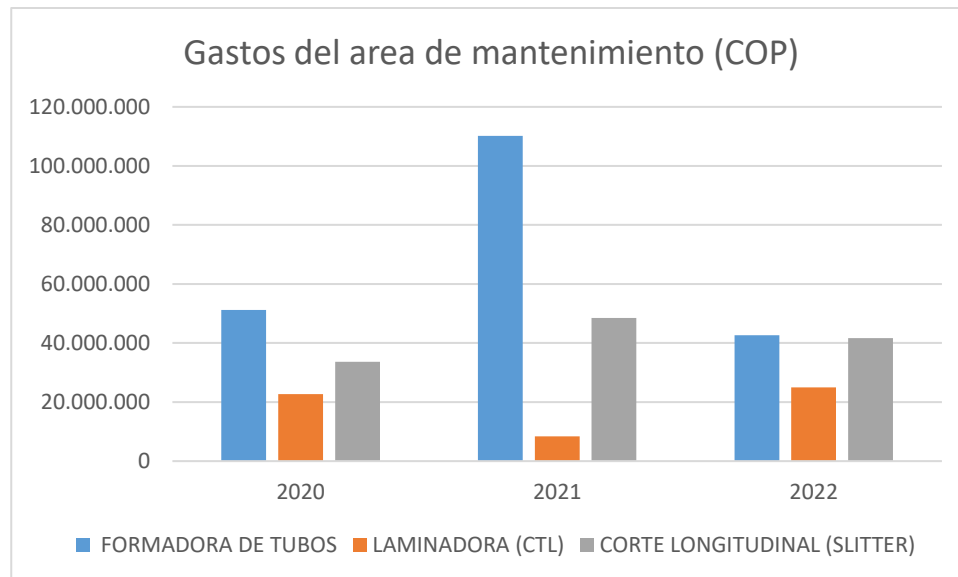
Para realizar una orientación apropiada del plan de mantenimiento de la nueva formadora de tubos en la empresa AA Metals S.A.S es importante analizar ciertos puntos, como lo son, históricos de la empresa (centrados en mantenimiento) y condiciones técnicas de la nueva máquina. Igualmente, de garantizar las condiciones mecánicas, energéticas y civiles apropiadas para el funcionamiento de la máquina.

#### 3.1 Históricos de AA Metals S.A.S

##### 3.1.1 Históricos financieros

Como se mencionó anteriormente, uno de los aspectos más importantes en la industria, por no decir el más importante, es la rentabilidad económica y en este orden de ideas debe ser el factor principal para tomar las decisiones en una empresa. Por lo que a continuación se hará un recuento histórico de los gastos del área de mantenimiento en AA Metals de los años 2020, 2021 y 2022, enfocados en los tres principales procesos.

*Figura 7. Gastos del área de mantenimiento por proceso*

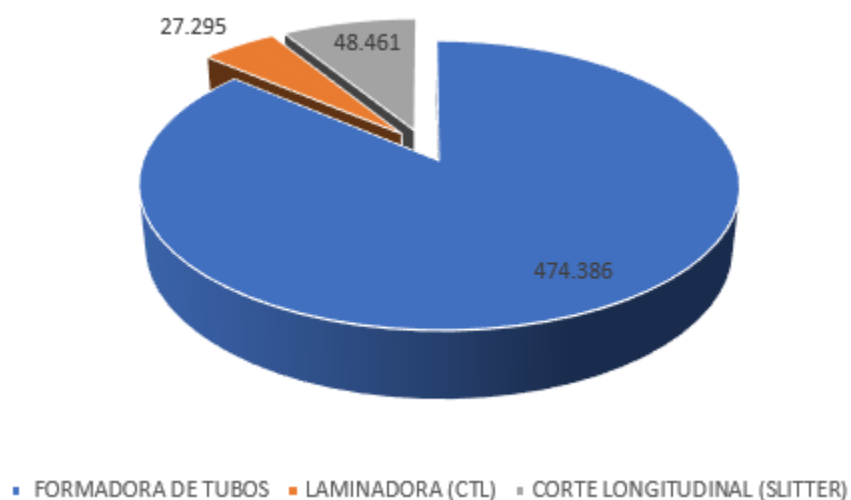


*Nota:* Fuente Elaboración propia con datos de documentos internos (2022).

### 3.1.2 Históricos de consumo energético

Además del gasto que representa mantenimiento como área, como se evidencia en la figura 7, también se puede analizar el consumo energético para dar un precedente de la importancia del dinero invertido en el proceso de formado de tubos.

**Figura 8.** Consumo histórico de energía activa en kW/h por proceso en la empresa AA Metals (desde 9/08/2021 hasta 25/07/2022)



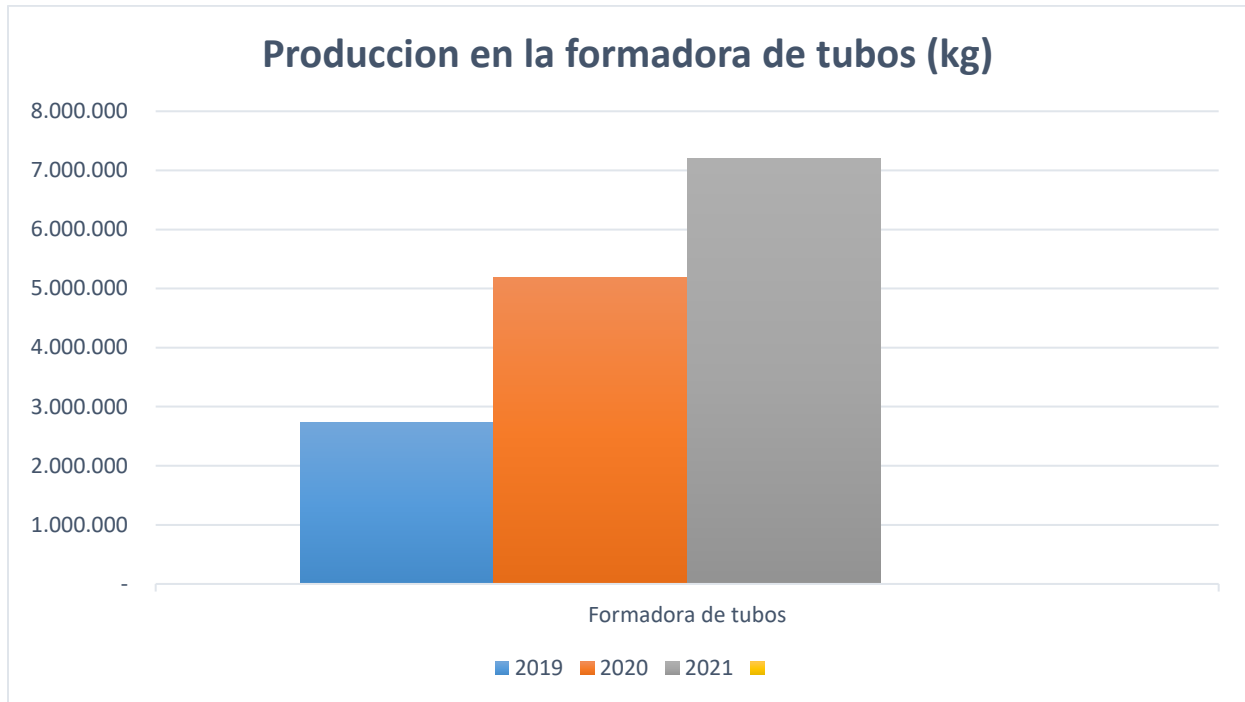
*Nota:* Fuente Elaboración propia con datos de documentos internos (2022).

Como se evidencia en la figura presentada de gastos del área de mantenimiento por proceso y de consumo energético por proceso, es claro que, la demanda de recursos de la formadora de tubos para la empresa AA Metals es considerablemente la más alta en comparación a los otros procesos productivos.

### 3.1.3 Históricos de producción

Luego de encontrar que el proceso de formado de tubos es el que más recursos requiere, respecto a los otros procesos productivos, es importante analizar la cantidad de trabajo que se ha realizado en este proceso, para dar una visión de esto se puede analizar la cantidad de tubería producida, por lo cual se hace un recuento histórico de la producción obtenida durante los años 2019, 2020 y 2021.

**Figura 9.** Producción en kilogramos del proceso de formado de tubos (2019,2020 y 2021)



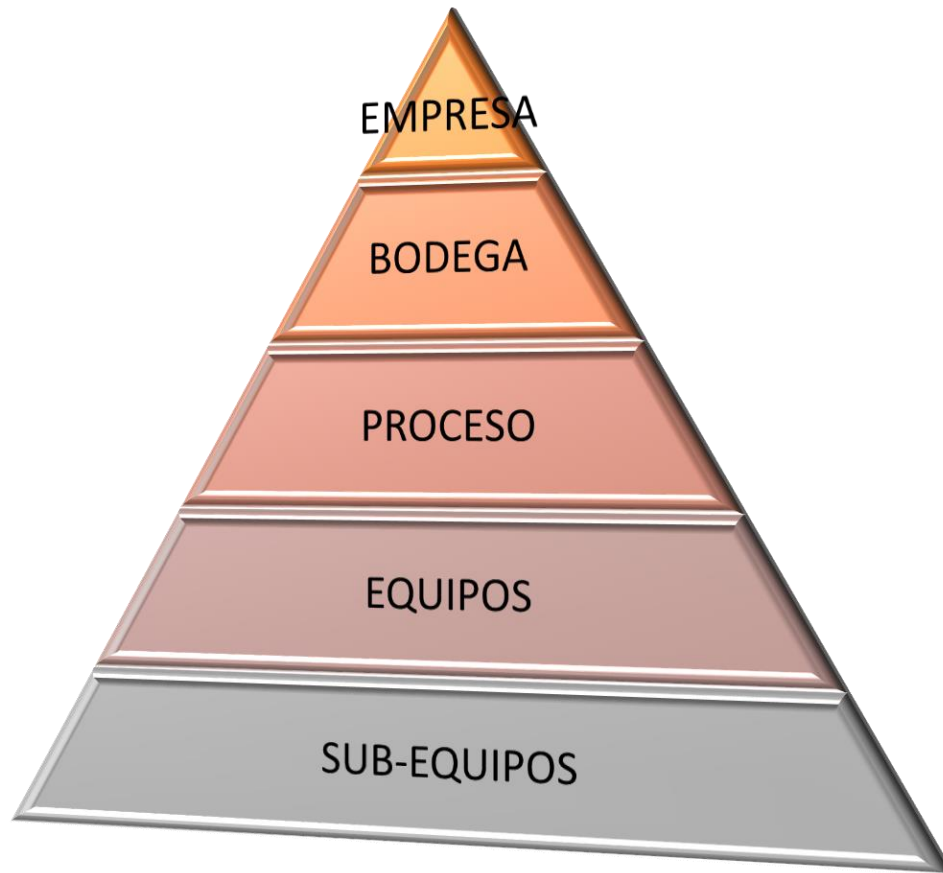
*Nota:* Fuente Elaboración propia con datos de documentos internos (2022).

### **3.1.4 Históricos de mantenimiento**

Con miras a realizar un adecuado diseño del plan de mantenimiento de la nueva formadora se hace un recuento historio del área de mantenimiento.

Para poder garantizar una trazabilidad es importante entender la codificación que se realiza a partir de la taxonomía, por ende, a continuación, se presenta, en la *figura 10*, la taxonomía de la empresa; basada en la Clasificación Taxonómica y Niveles Taxonómicos de la Norma, ISO-14224 (2016)

**Figura 10.** Clasificación Taxonómica AA Metals



Nota: Fuente elaboración propia (2022).

Con la finalidad de llevar una trazabilidad adecuada a los activos físicos de la empresa, se tiene establecida una Taxonomía por 5 niveles, como se observa claramente en la *figura 10*.

Específicamente para el proceso de la formadora de tubos se presenta a continuación la taxonomía a detalle con su respectiva codificación y clasificación por 5 niveles.

**Tabla 1. Taxonomía AA Metals Formadora de tubos abbey etna (Hasta nivel de equipos)**

AA METALS	BODEGA 23	PROCESO	EQUIPOS	CODIFICACION
			Prensa hidráulica ensayos	(PHD101)
			Torre de refrigeración soluble	(TRR102)
AA METALS	BODEGA 23	FORMADORA DE TUBOS 1	Torre de refrigeración agua corriente	(TRR101)
(AA)	(B23)	(FT1)	Cut-off	(CUT101)
			Formado de tubo	(FDT101)
			Scrap Winder	(SCW102)
			Soldador Alta Frecuencia	(SAF101)
			Looper	(LOO101)
			Soldador de colas	(SDC101)
			Uncoiler	(UNC102)
			Tina Enfriamiento	(TIN101)

**Tabla 2. Taxonomía Formadora de tubos Abbey etna: Nivel de Sub-Equipos**

EQUIPO PADRE	SUB-EQUIPO	CODIFICACION
Prensa hidráulica ensayos	Unidad de potencia Hidráulica	UPH105
Torre de refrigeración soluble	Bomba 3B soluble (Izquierda)	MTB112
Torre de refrigeración soluble	Bomba 3A soluble (Derecha)	MTB111
Torre de refrigeración soluble	Bomba 1 soluble	MTB109
Torre de refrigeración soluble	Bomba 2 soluble	MTB110
Torre de refrigeración agua corriente	Tanque agua corriente	TAN101
Torre de refrigeración agua corriente	Bomba 6B Naranja	MTB103
Torre de refrigeración agua corriente	Bomba 6A Azul	MTB104
Cut-off	Consola control cut-off	CNS104
Cut-off	Gabinete potencia cut-off	GBN111
Cut-off	Unidad de potencia Hidráulica	UPH104
Cut-off	Motor Cut-off	MTE110
Formado de tubo	Aspersor	ASP101
Formado de tubo	Consola Formadora	CNS103
Formado de tubo	Caja transmisión Sizing Paso 20	RDT113
Formado de tubo	Caja transmisión Sizing Paso 18	RDT112
Formado de tubo	Caja transmisión Sizing Paso 16	RDT111
Formado de tubo	Gabinete caja velocidades Siz.	GBN110
Formado de tubo	Caja velocidades sizing	CJV103
Formado de tubo	Caja fama sizing	RDT110



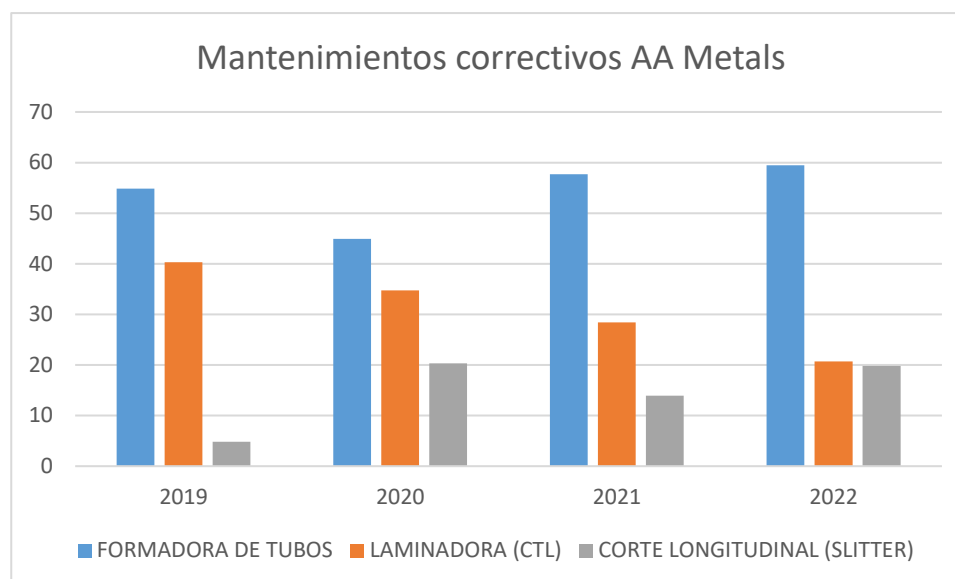
Formado de tubo	Motor Sizing	MTE109
Formado de tubo	Motor Ventilador Sizing	MTV104
Formado de tubo	Caja transmisión Sizing Paso 10	RDT109
Formado de tubo	Caja transmisión Sizing Paso 8	RDT108
Formado de tubo	Caja transmisión Sizing Paso 3	RDT107
Formado de tubo	Caja transmisión Sizing Paso 2	RDT106
Formado de tubo	Caja transmisión Sizing Paso 1	RDT105
Formado de tubo	Gabinete caja velocidades For.	GBN107
Formado de tubo	caja velocidades forming	CJV102
Formado de tubo	Caja fama forming	RDT104
Formado de tubo	Motor Forming	MTE107
Formado de tubo	Motor ventilador Forming	MTV103
Formado de tubo	Gabinete principal control	GBN104
Formado de tubo	Gabinete principal potencia	GBN103
Scrap Winder	Gabinete Motor SCR winder	GBN109
Scrap Winder	Motor Scrap Winder	MTE108
Soldador Alta Frecuencia	Intercambiador VT	ITC102
Soldador Alta Frecuencia	Intercambiador Placas	ITC101
Soldador Alta Frecuencia	Tanque agua destilada	TAN102
Soldador Alta Frecuencia	Bomba 4 agua destilada	MTB105
Soldador Alta Frecuencia	Gabinete Alimentación SAF	
Looper	Consola Looper	CNS102
Looper	Gabinete Looper	GBN106
Looper	Motor Looper	MTE106
Soldador de colas	Gabinete Sol colas	GBN105
Soldador de colas	Pulidora sol colas	PUL101
Soldador de colas	Cizalla sol colas	CZA102
Soldador de colas	Equipo de soldadura sol colas	EDS101

A partir de la trazabilidad que permite hacer la taxonomía, se hace un análisis de los históricos de mantenimiento de los años 2019, 2020 y 2021, con el propósito de determinar la importancia del proceso de formado de tubos dentro de la empresa.

El propósito de un mantenimiento preventivo es reducir los mantenimientos correctivos ya que, estos son los de mayor impacto dentro de una empresa debido a generación de paros de producción no deseados, ocasionando pérdidas económicas a la organización.

A continuación, se presenta un histórico de los mantenimientos correctivos realizados en los procesos de corte longitudinal (Slitter), corte transversal (CTL o laminadora) y formado de tubos durante los últimos cuatro años.

**Figura 11.** *Mantenimientos correctivos en AA Metals por proceso.*



*Nota:* Fuente Elaboración propia con datos de documentos internos (2022).

Como se puede observar en la figura 11 la tendencia durante los últimos años en AA Metals muestra que el proceso de formado de tubos es el que más mantenimientos correctivos ha requerido, por lo cual, es pertinente realizar un plan de mantenimiento preventivo adecuado para disminuir paros de producción y en consecuencia optimizar costos asociados a mantenimiento y aumentar ganancias para la empresa.

### **3.2 Alineación, nivelación y montaje de la maquina**

Debido a que la bodega ya contaba con una losa de concreto, con una resistencia de acuerdo con la norma, se decidió, junto con KDB INDUSTRIAL, hacer la fundación para la maquina sobre esta losa, a partir de los planos y requerimientos solicitados; por lo que el primer paso para dar la alineación y nivelación correcta de la maquina es garantizar una obra civil en óptimas condiciones, siguiendo a detalle los planos suministrados por los fabricantes de la formadora de tubos KDB76, como se puede observar en las figuras 12 y 13.

Al ser uno de los aspectos críticos a la hora del montaje de la maquina se hizo un seguimiento de las medidas establecidas por el fabricante en la obra civil.

**Figura 12.** Inicio obra civil para Formadora de Tubos KBD76



**Figura 13.** Pedestal para Formadora de Tubos KBD76



Para la alineación y nivelación se centran los esfuerzos en las principales partes de la maquina: Forming, Sizing y Cut-off, siguiendo unos pasos establecidos por el manual suministrado por el fabricante, además se contrató el servicio de topografía para disminuir errores de alineación y nivelación.

### ***3.2.1 Pasos Para la alineación y nivelación***

#### **3.2.1.1 Trazado de línea con un Teodolito (cimbra)**

Con un Teodolito y por medio de los planos civiles se trazan los puntos para la construcción de la línea de centro de la máquina, la cual se plasma con ayuda de una cimbra de color rojo como se puede evidenciar en la *figura 15*.

***Figura 14. Equipo de levantamiento Teodolito en un trípode***



*Nota: Autor AndreyPopov*

***Figura 15. Marcación de línea de centro de maquina por medio una cimbra.***



Posteriormente se realiza el movimiento de las máquinas para dejarlas en su ubicación aproximada

### **3.2.1.2 Preparación de herramental**

Se debe ajustar y centrar todo el herramental, montando la referencia para el tubo de mayor tamaño, como se observa en la *figura 16*, ya que este será el punto para la alineación del forming y sizing.

*Figura 16. Herramental de la formadora de tubos*



*Nota:* Fuente documento interno (Manual de alineación de cortadora).

### **3.2.1.3 Tirado de hilo y verificación con línea trazada con topografía**

Se tiro un hilo sobre toda la parte superior de la máquina, el cual se alinea por medio de una plomada con el centro de maquina trazado con topografía, para de esta manera tener un punto de referencia respecto al herramental debidamente posicionado.

*Figura 17. Tirado de Hilo sobre la máquina.*



*Nota:* Fuente documento interno (Manual de alineación de cortadora).

### 3.2.1.4 Alineación y nivelación Forming y Sizing

El primer paso en el forming y sizing fue la alineación, tomando punto inicial y final de cada uno como referencia para alinear con las líneas del hilo y la línea trazada con topografía, lo cual se verifico con el teodolito y se comparó con el centro del herramental.

Posteriormente con ayuda de un nivel laser se hizo la nivelación y se verifico con el teodolito tomando dos puntos como referencia en la parte final y dos puntos en la parte inicial del forming y sizing respectivamente.

Al realizar la nivelación se pierde alineación, por lo cual se deben repetir los dos pasos hasta lograr que alineación y nivelación coincidan adecuadamente.

*Figura 18. Alineación Formadora de tubos (Forming).*



**Figura 19.** Alineación Formadora de tubos (Sizing).



### **3.2.1.5 Alineación Cut-off**

Para la alineación de la Cut-off se programó alineación y nivelación de igual forma que en el Forming y Sizing, pero al tener un carro móvil de corte y al no poseer superficies planas en un costado para tomar referencia de nivel se optó por nivelar desde nivel cero respecto al pedestal, realizando en primera instancia la nivelación de la parte inicial de la Cut-off y posteriormente la nivelación de la parte final para posteriormente alinear por medio de un nivel laser y comprobar alineación y nivelación con el teodolito, garantizando que la altura de la sierra de corte sea de 3 a 5 mm mas alta a la línea de alineación de la maquina como se especifica en el manual suministrado por el proveedor.

**Figura 20.** Alineación Formadora de tubos (Cut-off).



### **3.2.1.6 Anclaje con autonivelante**

Terminada la nivelación y alineación se procede a cercar cada maquina con arcilla para realizar un vaciado de un mortero autonivelante, con la finalidad de dar la resistencia adecuada al anclaje y de garantizar que no se pierda la alineación y nivelación lograda en los pasos anteriores en el forming, sizing, y cut-off.



**Figura 21.** Anclaje final formadora de tubos (cut-off)



### 3.3 Taxonomía de la Nueva Formadora de Tubos

Para realizar el levantamiento de equipos se continua con la línea taxonómica trazada por la empresa, por lo que a continuación se presentan los 4 primeros niveles establecidos para la nueva formadora de tubos.

**Tabla 3.** Taxonomía AA Metals Formadora de tubos KDB 76 (hasta nivel de equipos)

AA METALS	BODEGA 23	PROCESO	EQUIPOS	CODIFICACION
			Formado de tubo	(FDT102)
			Cold saw	(CDS101)
AA METALS	BODEGA 22	FORMADORA DE TUBOS 2 (KDB76)	Scrap Winder	(SCW103)
(AA)	(B22)	(FT2)	Soldador Alta Frecuencia	(SAF102)
			Looper	(LOO102)
			Soldador de colas	(SDC102)
			Uncoiler	(UNC103)
			Stacker	(STA102)
			Tina Enfriamiento	(TIN102)

Posteriormente se entra a detalle en el nivel 5 de jerarquización, para tener los equipos y sub-equipos bien identificados, y a partir de esto realizar el diseño del plan de mantenimiento adecuado.

**Tabla 4. Taxonomía AA Metals Formadora de tubos KDB 76: Nivel de sub-equipos**

<b>EQUIPO PADRE</b>	<b>SUB EQUIPO</b>	<b>CODIFICACION</b>
FDT102	MOTOR FORMING SIZING	MTE121
MTE121	MOTOR VENTILADOR FOR-SIZ	MTV105
FDT102	CAJA DE TRANSM SIZING PASO FS1+B2:B14	RDT119
FDT102	CAJA DE TRANSM FORMING PASO 1S	RDT120
FDT102	CAJA DE TRANSM FORMING PASO S2	RDT121
FDT102	CAJA DE TRANSM FORMING PASO 3S	RDT122
FDT102	CAJA DE TRANSM FORMING PASO 4S	RDT123
FDT102	CAJA DE TRANSM FORMING PASO 5S	RDT124
FDT102	CAJA DE TRANSM FORMING PASO 6S	RDT125
FDT102	CAJA DE TRANSM FORMING PASO 7S	RDT126
FDT102	CAJA DE TRANSM SIZING PASO FS1	RDT127
FDT102	CAJA DE TRANSM SIZING PASO FS2	RDT128
FDT102	CAJA DE TRANSM SIZING PASO FS3	RDT129
FDT102	CAJA DE TRANSM SIZING PASO FS4	RDT130
FDT102	CAJA DE TRANSM SIZING PASO FS5	RDT131
FDT102	CAJA DE TRANSM SIZING PASO FS6	RDT132
SCW103	MOTOR SCRAP WINDER FT2	MTE122
FT2	FORMING	FOR
FT2	SIZING	SIZ
CDS101	MOTOR COLD SAW	MTE123
CDS101	CAJA REDUCTORA COLD SAW	RDT133
LOO102	MOTOR PRINCIPAL LOOPER	MTE124
LOO102	CAJA REDUCTURA LOOPER	RDT134
LOO102	MOTOR ENTRADA LOOPER	MTE125
LOO102	CAJA REDUCTORA ENTRADA LOOPER	RDT135
UNC103	MOTOR UNCOILER	MTE126
STA102	MOTOR STACKER	MTE127
CDS101	CONSOLA COLD SAW	CNS107
FDT102	CONSOLA PRINCIPAL FT KDB76	CNS108
LOO102	CONSOLA LOOPER	CNS109
UNC103	CONSOLA UNCOILER	CNS110
FT2	GABINETE SOLDADOR DE COLAS	GBN102
SDC102	MOTOR BOQUILLA DE SOLDADURA	MTE128
UPH107	MOTOR SISTEMA HIDRAULICO SDC	MTE129
SDC102	EQUIPO DE SOLDADURA SOL COLAS FT KDB	EDS102
FDT102	DC DRIVE	GBN103

CDS101	GABINETE COLD SAW	GBN104
FT2	GABINETE PRINCIPAL FT KBD76	GBN105
SDC102	UPH SOLDADOR DE COLAS	UPH107

Adicional a la línea de formado de tubos nueva, se adquirió un sistema de filtrado de soluble (figura 22) el cual hará parte del proceso de refrigeración y que se jerarquiza a detalle en la tabla 5 y 6. Esto con la finalidad de diseñar el plan de mantenimiento al proceso completo, pero separando el sistema de refrigeración del formado de tubos.

*Figura 22. Sistema de filtrado de soluble*



**Tabla 5. Taxonomía AA Metals Proceso de refrigeración (Hasta nivel de equipos)**

AA METALS	BODEGA 23	PROCESO	EQUIPOS	CODIFICACION
			Estructura torres	TRF101
AA METALS	BODEGA 22	PROCESO DE REFRIGERACION	Intercambiadores	INT101
(AA)	(B22)	(REF101)	Sistema de filtrado	FIL101

**Tabla 6. Taxonomía AA Metals Proceso de refrigeración: Nivel de sub-equipos.**

EQUIPO PADRE	SUB EQUIPO	CODIFICACION
INT101	MOTO BOMBA FT1 10EKFZ	MTB109
INT101	MOTO BOMBA FT1 10EKFY	MTB110
INT101	MOTO BOMBA FT2 10EKGO	MTB111
INT101	MOTO BOMBA FT2 10EKFR	MTB112
TRF101	MOTO BOMBA TORRE REFRIGERACION	MTB113
TRF101	MOTO BOMBA TORRE REFRIGERACION	MTB114
TRF101	MOTO BOMBA TORRE REFRIGERACION	MTB115
TRF101	TORRE DE REFRIGERACION 1	TRR103
TRF101	TORRE DE REFRIGERACION 2	TRR104
REF101	INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS FTKDB	ITC103
REF101	INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS FT ABBEY ETNA	ITC104
REF101	SISTEMA DE FILTRADO	STF101
STF101	MOTOR SEPARADOR DE ACEITE	MTE130
STF101	MOTOR SEPARADOR MAGNETICO	MTE131
STF101	MOTOR CINTA TRANSPORTADORA	MTE132
STF101	GABINETE SEPARADOR DE ACEITE	GBN107

### 3.4 Matriz de criticidad

Luego de identificar todos los equipos con sus principales características (fabricante, modelo, serial, capacidad, tipo, clasificación) se realizó una clasificación con la matriz de criticidad de AA Metals, la cual evalúa: probabilidad de falla (frecuencia), calidad, producción, costo operacional, salud y seguridad y flexibilidad operacional dándole valor cuantitativo a las variables para arrojar un resultado cualitativo y determinar cuáles equipos son: no críticos, semi críticos, críticos y catastróficos. En la Tabla 7 se puede observar los niveles de cada ítem para la evaluación de la criticidad.

**Tabla 7. Rango de evaluación matriz de criticidad AA Metals**

NIVEL	Probabilidad de falla - frecuencia	Calidad	Producción	Costo operacional	Salud y seguridad	Flexibilidad operacional
4	Frecuente (>=20veces/año)	2,5% < Afectación calidad interna	Paro total o afectación al cumplimiento>15%	Costo de reparación supera el 10% del presupuesto mensual	Mortalidad o incapacidad permanente	No cuenta con ruta alterna
3	Probable (11<=x<=19/año)	1,5%<Afectación calidad interna<2,5%	10%<Paro parcial o afectación al cumplimiento<15%	Costo de reparación esta entre el 5% y 10% del presupuesto mensual	Incapacidades mayores a 8 días	Cuenta con ruta alterna o equipos stand by
2	Ocasional (2<=x<=10/año)	1,5%>Afectación calidad interna	5%<Afectación al cumplimiento o genera chatarra<10%	Costo de reparación esta entre el 3% y 5% del presupuesto mensual	Incapacidades menores a 8 días	Cuenta con ruta alterna y equipos stand by
1	Improbable (<2veces/año)	No hay afectación de calidad	5%>Afectación al cumplimiento	Costo de reparación inferior al 3%	Incidentes	Es insignificante

Una vez clasificados los equipos por: no críticos, semi críticos, críticos y catastróficos (como se detalla en el anexo 2: Matriz de criticidad AA Metals) se determina que para los no críticos no se realizara mantenimiento preventivo y se esperara hasta el fallo para realizar el mantenimiento correctivo, esto debido a que realizar un mantenimiento preventivo representa un gasto monetario y de tiempo innecesario pues no afectan considerablemente el proceso.

### 3.5 Diseño del plan de mantenimiento preventivo

Para el diseño del plan de mantenimiento se hace una agrupación de los equipos según sus características, como se muestra en la tabla 8, separando además equipos que quedaron clasificados como catastróficos, críticos y semi críticos.

**Tabla 8.** Clasificación de equipos

<b>CLASIFICACION DE EQUIPOS</b>
FORMADORA (FDT102)
LOOPER (LOO102)
UNCOILER FT2 (UNC104)
SOLDADORA (SAF102)
GABINETE (GBN)
CONSOLA (CNS)
COLD SAW (CDS)
REDUCTUR (RDT)
REDUCTOR CRIT (RDT)
MOTOR ELECTRICO (MTE)
MOTOR ELECTRICO CRIT (MTE)
MOTOBOMBA (MTB)
INTERCAMBIADOR DE CALOR (ITC)
TORRES DE ENFRIAMIENTO (TRR)
SISTEMA DE FILTRADO (FIL101)

A partir de esta clasificación se diseñó el plan de mantenimiento a cada tipo de equipo variando las frecuencias de acuerdo con la criticidad y características puntuales que presenta cada equipo. Además, se le asigna una prioridad, se describen las subtareas a realizar en el equipo y se le da un tiempo determinado para realizar la tarea y un tiempo de paro de ser necesaria una para en el proceso de producción, como se puede apreciar a detalle en las siguientes figuras.

**Figura 23. Plan mantenimiento preventivo (Sistema de filtrado)**

Plan de mantenimiento Sistema de filtrado (FIL)							
Frecuencia	Descripción	Prioridad	Subtarea	Obligatorio	Tipo de actividad	Recursos	Duración (min)   Paro (min)
Semanal	Mantenimiento Preventivo Quincenal	Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No		10   0
			revisar ajuste de los sensores de nivel y final de carrera	Si	Verificación		15   0
			verificar nivel de los tanques	Si	Verificación		5   0
			Limpieza de sensores de nivel y final de carrera	Si	Verificación		15   0
			Limpieza de rampa y peine rascador	Si	Verificación		20   0
			Inspeccion visual de presencia de tejido filtrante	Si	Si/No		5   0
			Observaciones	No	Texto		10   0
Mensual	Mantenimiento Preventivo Mensual	Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No		10   0
			Revisar tension de cinta transportadora. Tensar de ser necesario	Si	Verificación		25   25
			Revisar tension de las correas laterales de sujecion. Tensar de ser necesario	Si	Verificación		30   30
			Lubricacion de dispositivos de transmision,soportes y cojinetes.	Si	Verificación		25   15
			Lubricacion de motorreductores y electrobombas	Si	Verificación		25   15
			Fijar y ajustar soportes, cojinetes, motorreductores y electrobombas .	Si	Verificación		25   0
			Observaciones	No	Texto		15   0
Semestral	Mantenimiento Preventivo Semestral	Muy Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Verificación		10   0
			Revisar desgaste en soportes, cojinetes, motorreductores y electrobombas .	Si	Verificación		15   0
			verificar nivel de los tanques	Si	Verificación		5   0
			Limpieza general de motorreductores y electrobombas	Si	Verificación		20   0
			Observaciones	No	Texto		15   0
Anual	Mantenimiento Preventivo Anual	Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No		10   0
			Limpieza general del tanque	Si	Verificación		60   80
			Limpieza de la cinta transportadora	Si	Verificación		60   80
			Observaciones	No	Texto		15   0

Nota: Fuente elaboración propia (2022).

**Figura 24. Plan mantenimiento preventivo (Looper)**

Plan de mantenimiento Looper (LOO)							
Frecuencia	Descripción	Prioridad	Subtarea	Obligatorio	Tipo de actividad	Recursos	Duración (min)   Paro (min)
Quincenal	Mantenimiento Preventivo Quincenal	Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No		5   0
			Revisar fugas de aire	Si	Verificación		15   0
			Revisar estado de acople de cardanes entre motor principal y caja reductora	Si	Verificación		10   5
			Revisar estado de acople de cardanes entre caja reductora secundaria y rodillos	Si	Verificación		10   5
			Limpieza general	Si	Si/No		20   0
			Observaciones	No	Texto		10   0
Mensual	Mantenimiento Preventivo Mensual	Muy Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No		5   0
			Engrase de rodamientos	Si	Si/No		20   0
			Revisar anclajes	Si	Verificación		15   0
			Revisar sistema de tracción del acumulador (rodillos, cilindro neumáticos, acoples)	Si	Verificación		10   0
			Revisar sistema neumático	Si	Verificación		15   0
			Verificar tensión de la correa del motor y alineamiento	Si	Verificación		15   15
			Observaciones	No	Texto		15   0
Bimensual	Mantenimiento Preventivo Bimensual	Muy Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No		5   0
			Apretar tornillería	Si	Si/No		15   0
			Revisar alineamiento de los cilindros	Si	Verificación		20   20
			Observaciones	No	Texto		15   0

Nota: Fuente elaboración propia (2022).

**Figura 25. Plan mantenimiento preventivo (Uncoiler)**

Plan de mantenimiento Uncoiler FT							
Frecuencia	Descripción	Prioridad	Subtarea	Obligatorio	Tipo de actividad	Recursos	Duración (min)   Paro (min)
Quincenal	Mantenimiento Preventivo Quincenal	Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No		5   0
			Revisar fugas de aire	Si	Si/No		10   0
			Revisar fugas de aceite	Si	Si/No		10   0
			Limpieza general	Si	Si/No		15   15
			Revisar mordazas de aseguramiento de flejes (deformación, grietas)	Si	Verificación		15   0
			Observaciones	No	Texto		5   0
Mensual	Mantenimiento Preventivo Mensual	Muy Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No		5   0
			Engrase de rodamientos	Si	Si/No		20   0
			Revisar anclajes	Si	Verificación		5   0
			Observaciones	No	Texto		5   0
Semestral	Mantenimiento Preventivo Semestral	Muy Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No		5   0
			Revisar desgaste de los discos de freno	Si	Si/No		120   120
			Revisar estado del cojín neumático	Si	Si/No		60   60
			Observaciones	No	Texto		15   0

Nota: Fuente elaboración propia (2022).

**Figura 26. Plan mantenimiento preventivo (Torres de enfriamiento)**

Plan de mantenimiento Torres de enfriamiento (TRR103) TORRE 1									
Frecuencia	Descripción	Prioridad	Subtarea	Obligatorio	Tipo de actividad	Recursos	Duración (min)	Paro (min)	
Semestral	Mantenimiento Preventivo Semestral	Muy Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No		10	0	
			Realizar limpieza y verificación de ventiladores de las torres de enfriamiento	Si	Verificación		60	60	
			Realizar limpieza y verificación de paneles de torres de enfriamiento	Si	Verificación		60	60	
			Verificar tensión de la correa del ventilador	Si	Si/No		20	0	
			Limpieza interna de los tanques con agua a presión	Si	Verificación		30	30	
			Verificar superficie exterior (fugas, tornillería y condiciones de empaques)	Si	Verificación		20	0	
			Revisar motor del ventilador de la torre de enfriamiento: fisuras, corrosión, bobinado	Si	Verificación		20	20	
			Apretar terminales del motor	Si	Si/No		10	10	
			Observaciones	No	Si/No		10	0	
Plan de mantenimiento Torres de enfriamiento (TRR104) TORRE 2									
Frecuencia	Descripción	Prioridad	Subtarea	Obligatorio	Tipo de actividad	Recursos	Duración (min)	Paro (min)	
Semestral	Mantenimiento Preventivo Semestral	Muy Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No		10	0	
			Realizar limpieza y verificación de ventiladores de las torres de enfriamiento	Si	Verificación		60	60	
			Realizar limpieza y verificación de paneles de torres de enfriamiento	Si	Verificación		20	20	
			Verificar tensión de la correa del ventilador	Si	Si/No		20	0	
			Limpieza interna de los tanques con agua a presión	Si	Verificación		30	30	
			Verificar superficie exterior (fugas, tornillería y condiciones de empaques)	Si	Verificación		20	0	
			Revisar motor del ventilador de la torre de enfriamiento: fisuras, corrosión, bobinado	Si	Verificación		15	15	
			Apretar terminales del motor	Si	Si/No		10	10	
			Observaciones	No	Si/No		10	0	

Nota: Fuente elaboración propia (2022).

**Figura 27. Plan mantenimiento preventivo (Intercambiadores de calor)**

Plan de mantenimiento Intercambiador de calor (ITC) tubos									
Frecuencia	Descripción	Prioridad	Subtarea	Obligatorio	Tipo de actividad	Recursos	Duración (min)	Paro (min)	
Semestral	Mantenimiento Preventivo Semestral	Muy Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No		10	0	
			Realizar limpieza de tubos de intercambiador de calor	Si	Si/No		60	60	
			Realizar ensayo de tintas penetrantes para verificar el estado de los tubos	Si	Verificación		20	20	
			Observaciones	No	Si/No		10	0	
Plan de mantenimiento Intercambiador de calor (ITC) Placas									
Frecuencia	Descripción	Prioridad	Subtarea	Obligatorio	Tipo de actividad	Recursos	Duración (min)	Paro (min)	
Semestral	Mantenimiento Preventivo Semestral	Muy Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No		10	0	
			Realizar limpieza de placas de intercambiador de calor	Si	Si/No		60	60	
			Realizar ensayo de tintas penetrantes para verificar el estado de las placas	Si	Verificación		20	20	
			Observaciones	No	Si/No		10	0	

Nota: Fuente elaboración propia (2022).

**Figura 28. Plan mantenimiento preventivo (Gabinetes)**

Plan de mantenimiento Gabinete (GBN)									
Frecuencia	Descripción	Prioridad	Subtarea	Obligatorio	Tipo de actividad	Recursos	Duración (min)	Paro (min)	
Mensual	Mantenimiento Preventivo Mensual	Muy Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No		10	0	
			Realizar limpieza del gabinete con blower	Si	Si/No		15	0	
			Revisar y/o reapretar tornillería de terminales en el tablero	Si	Si/No		15	0	
			Realizar termografía (anotar nombre de la foto)	Si	Texto		5	0	
			Observaciones	No	Si/No		10	0	

Nota: Fuente elaboración propia (2022).

**Figura 29. Plan mantenimiento preventivo (Consolas)**

Plan de mantenimiento Consolas									
Frecuencia	Descripción	Prioridad	Subtarea	Obligatorio	Tipo de actividad	Recursos	tiempo de mannto (m)	T de paro (m)	
Mensual	Mantenimiento Preventivo Mensual	Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No		5	0	
			Realizar limpieza a la consola de Formador a de tubos	Si	Si/No		20	0	
			Realizar reapriete de terminales de la consola	Si	Si/No		15	0	
			Verificar estado de los pilotos y botonería de la consola	Si	Verificación		15	15	
			Obseaciones	No	Texto		10	0	

Nota: Fuente elaboración propia (2022).



**Figura 30. Plan mantenimiento preventivo (FDT)**

Plan de mantenimiento Formadora								
Frecuencia	Descripción	Prioridad	Subtarea	Obligatorio	Tipo de actividad	Recursos	tiempo de mannto (m)	T de paro (m)
Quincenal	Mantenimiento Preventivo Quincenal	Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No		5	0
			Revisar estado de acople de salida motor	Si	Verificación		5	5
			Revisar estado de acoples y cardanes entre caja reductora y forming	Si	Verificación		10	5
			Limpieza general	Si	Si/No		20	0
			Revisar estado de acoples y cardanes entre caja reductora y sizing	Si	Verificación		10	5
			Revisar estado de los cardanes entre caja reductora y pasos 1S,2S,3S,4S,5S,6S Y 7S del forming	Si	Verificación		20	20
			Revisar estado de los cardanes entre caja reductora y pasos FS1,FS2,FS3,FS4,FS5 Y FS6 del sizing	Si	Verificación		20	20
			Observaciones	No	Texto		10	0
Mensual	Mantenimiento Preventivo Mensual	Muy Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No		5	0
			Engrase de rodamientos forming	Si	Si/No		5	5
			Revisar anclajes forming	Si	Verificación		10	0
			Revisar roscas de tornillos equalizadores horizontales	Si	Verificación		10	10
			Engrase de rodamientos sizing	Si	Si/No		10	10
			Revisar anclajes sizing	Si	Verificación		10	0
			Revisar roscas de tornillos equalizadores horizontales sizing	Si	Verificación		10	10
			Observaciones	No	Texto		10	0
Bimensual	Mantenimiento Preventivo Bimensual	Muy Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No		5	0
			Engrase de chumaceras forming	Si	Si/No		10	0
			Apretar tornillería forming	Si	Si/No		10	10
			Apretar terminales en tableros de control	Si	Si/No		15	0
			Engrase de chumaceras	Si	Si/No		10	0
			Apretar tornillería sizing	Si	Si/No		10	10
			Observaciones	No	Texto		10	0

Nota: Fuente elaboración propia (2022).

**Figura 31. Plan mantenimiento preventivo (SAF)**

Plan de mantenimiento Soldador AF								
Frecuencia	Descripción	Prioridad	Subtarea	Obligatorio	Tipo de actividad	Recursos	Duración (min)	Paro (min)
Quincenal	Mantenimiento Preventivo Quincenal	Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No		10	10
			Limpieza tableros de control	Si	Si/No		15	15
			Remover polvo del interior del gabinete	Si	Si/No		15	15
			Verificar lampara de advertencia	Si	Verificación		3	0
			Observaciones	No	Texto		5	0
Mensual	Mantenimiento Preventivo Mensual	Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No		10	10
			Verificar estado de tarjeta rectificadora	Si	Verificación		15	15
			Verificar estado de tarjeta Inversora	Si	Verificación		10	10
			Verificar placa de muestreo de tension de fase	Si	Verificación		10	10
			Verificar Amperaje en modulo del inversor	Si	Verificación		10	10
			Revisar estado de los condensadores de resonancia	Si	Verificación		15	15
			Revisar estado de los condensadores electroliticos	Si	Verificación		15	15
			Verificar presion del agua	Si	Verificación		10	10
			Verificar estado de puente inversor	Si	Verificación		15	15
			Requintar tornillería en el transformador de alta	Si	Si/No		10	10
			Apretar tornillería en los tableros de control	Si	Si/No		10	10
			Observaciones	No	Texto		5	0
Semestral	Mantenimiento Preventivo Semestral	Muy Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No		10	10
			Desmontar mangueras de agua del gabinete principal e inspeccionar taponamientos y oxido	Si	Verificación		30	30
			Limpia tubos internos del intercambiador de calor	Si	Verificación		30	30
			Observaciones	No	Texto		5	0

Nota: Fuente elaboración propia (2022).

**Figura 32. Plan mantenimiento preventivo (Cortadora)**

Plan de mantenimiento Cut Off								
Frecuencia	Descripción	Prioridad	Subtarea	Obligatorio	Tipo de actividad	Recursos	Duración (min)	Paro (min)
Quincenal	Mantenimiento Preventivo Quincenal	Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No		5	0
			Revisar fugas de aire	Si	Si/No		10	0
			Verificar nivel de aceite de lubricación de guías	Si	Verificación		5	0
			Limpieza general	Si	Si/No		15	0
			Revisar sistema del encoder	Si	Verificación		10	0
			Revisar sistema de las servoválvulas	Si	Verificación		10	0
			Limpieza tablero de control	Si	Si/No		10	0
			Revisar guías de movimiento del carro	Si	Verificación		10	0
			Revisar guías de movimiento del motor	Si	Verificación		10	0
			Verificar estado de la cuchilla	Si	Verificación		10	10
	Observaciones	No	Texto		5	0		
Mensual	Mantenimiento Preventivo Mensual	Muy Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No		5	0
			Engrase de rodamientos	Si	Si/No		15	15
			Revisar anclajes	Si	Verificación		10	0
			Observaciones	No	Texto		5	0
Bimensual	Mantenimiento Preventivo Bimensual	Muy Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No		5	0
			Engrase de chumaceras	Si	Si/No		10	10
			Apretar tornillería	Si	Si/No		10	0
			Apretar terminales en tablero de control	Si	Si/No		10	0
			Observaciones	No	Texto		5	0

Nota: Fuente elaboración propia (2022).

**Figura 33. Plan mantenimiento preventivo (reductores)**

Plan de mantenimiento Reductor								
Frecuencia	Descripción	Prioridad	Subtarea	Obligatorio	Tipo de actividad	Recursos	Duración (min)	Paro (min)
Mensual	Mantenimiento Preventivo mensual	Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No		5	0
			Revisar nivel de aceite adiconar en caso de ser necesario (220)	Si	Verificación		2	0
			Inspeccionar ruidos o calentamiento	Si	Verificación		10	0
			Inspeccionar fugas de aceite reductor	Si	Verificación		5	0
			Inspeccionar y ajustar sujeción de anclajes para reductor	Si	Verificación		10	0
			Inspeccionar fisuras en la carcasa del reductor	Si	Si/No		5	0
			Observaciones	No	Texto		0	0
Trimestral	Mantenimiento Preventivo Trimestral	Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No		5	0
			Verificar y ajustar alineación de reductor con acoplamiento	Si	Verificación		15	15
			Observaciones	No	Texto		5	0
Anual	Mantenimiento Preventivo Anual	Muy Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No		5	0
			Cambiar aceite (ISO 220)	Si	Si/No		20	20
			Revisar acoplamientos y cuñeros de entrada y salida reductor	Si	Verificación		10	10
			Revisar y/o cambiar retenedores de reductor	Si	Verificación		10	10
			Revisar y/o cambiar rodamientos de reductor	Si	Verificación		20	20
			Revisar y/o cambiar engranajes de reductor	Si	Verificación		30	30
			Revisar y/o cambiar ejes y bujes de reductor	Si	Verificación		30	30
Observaciones	No	Texto		5	0			
2 años	Mantenimiento Preventivo 2 años	Muy Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No		5	0
			Pintar carcasa externa de reductor	Si	Si/No		30	30
			Revisar ajuste de tapas en carcasa y ejes de reductor	Si	Verificación		20	20
			Observaciones	No	Texto		5	0

Nota: Fuente elaboración propia (2022).

**Figura 34. Plan mantenimiento preventivo (reductores críticos)**

Plan de mantenimiento Reductor								
Frecuencia	Descripción	Prioridad	Subtarea	Obligatorio	Tipo de actividad	Recursos	Duración (min)	Paro (min)
Quincenal	Mantenimiento Preventivo Quincenal	Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No		5	0
			Revisar nivel de aceite adicional en caso de ser necesario (220)	Si	Verificación		2	0
			Inspeccionar ruidos o calentamiento	Si	Verificación		10	0
			Inspeccionar fugas de aceite reductor	Si	Verificación		5	0
			Inspeccionar y ajustar sujecion de anclajes para reductor	Si	Verificación		10	0
			Inspeccionar fisuras en la carcasa del reductor	Si	Si/No		5	0
	Observaciones	No	Texto			0	0	
Trimestral	Mantenimiento Preventivo Trimestral	Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No		5	0
			Verificar y ajustar alineación de reductor con acoplamiento	Si	Verificación		15	15
			Realizar análisis de vibraciones	Si	Texto		20	0
			Realizar termografía (ingresar nombre de la foto)	Si	Texto		5	0
			Observaciones	No	Texto		5	0
Semestral	Mantenimiento Preventivo Semestral	Muy Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No		5	0
			Tomar muestra de aceite para mandar a analizarla	Si	Si/No		10	10
			Observaciones	No	Texto		5	0
Anual	Mantenimiento Preventivo Anual	Muy Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No		5	0
			Cambiar aceite (ISO 220)	Si	Si/No		20	20
			Revisar acoplamientos y cuñeros de entrada y salida reductor	Si	Verificación		10	10
			Revisar y/o cambiar retenedores de reductor	Si	Verificación		10	10
			Revisar y/o cambiar rodamientos de reductor	Si	Verificación		20	20
			Revisar y/o cambiar engranajes de reductor	Si	Verificación		30	30
			Revisar y/o cambiar ejes y bujes de reductor	Si	Verificación		30	30
			Pintar carcasa externa de reductor	Si	Si/No		30	30
			Revisar ajuste de tapas en carcasa y ejes de reductor	Si	Verificación		20	20
			Observaciones	No	Texto		5	0

Nota: Fuente elaboración propia (2022).

**Figura 35. Plan mantenimiento preventivo (Motores eléctricos críticos)**

Plan de mantenimiento Motor eléctrico críticos								
Frecuencia	Descripción	Prioridad	Subtarea	Obligatorio	Tipo de actividad	Recursos	Duración (min)	Paro (min)
Quincenal	Mantenimiento Preventivo Quincenal	Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No		5	0
			Inspeccionar ruidos o calentamiento	Si	Verificación		10	0
			Inspeccionar fisuras en carcasas motor	Si	Verificación		5	0
			Inspeccionar y ajustar sujecion de anclajes para motor	Si	Si/No		10	0
			Observaciones	No	Texto		5	0
Trimestral	Mantenimiento Preventivo Trimestral	Muy Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No		5	0
			Verificar y ajustar alineacion de motor con acoplamiento	Si	Verificación		20	20
			Realizar analisis de vibraciones a motor	Si	Si/No		10	0
			Realizar termografía (anotar el nombre de la termografía)	Si	Texto		10	0
			Observaciones	No	Texto		5	0
Anual	Mantenimiento Preventivo Anual	Muy Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No		5	0
			Revisar acoplamiento y cuñeros salida motor	Si	Verificación		15	15
			Revisar y/o cambiar rodamientos de motor	Si	Verificación		20	20
			Revisar y/o cambiar ejes y bujes de motor	Si	Verificación		20	20
			Revisar aislamiento de motor	Si	Verificación		20	20
			Observaciones	No	Texto		5	0

Nota: Fuente elaboración propia (2022).

**Figura 36. Plan mantenimiento preventivo (motores eléctricos)**

Plan de mantenimiento Motor eléctrico críticos								
Frecuencia	Descripción	Prioridad	Subtarea	Obligatorio	Tipo de actividad	Recursos	Duración (min)	Paro (min)
Mensual	Mantenimiento Preventivo Mensual	Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No		5	0
			Inspeccionar ruidos o calentamiento	Si	Verificación		10	0
			Inspeccionar fisuras en carcasas motor	Si	Verificación		5	0
			Inspeccionar y ajustar sujecion de anclajes para motor	Si	Si/No		10	0
			Observaciones	No	Texto		5	0
Anual	Mantenimiento Preventivo Anual	Muy Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No		5	0
			Verificar y ajustar alineacion de motor con acoplamiento	Si	Verificación		20	20
			Revisar acoplamiento y cuñeros salida motor	Si	Verificación		15	15
			Revisar y/o cambiar rodamientos de motor	Si	Verificación		20	20
			Revisar y/o cambiar ejes y bujes de motor	Si	Verificación		20	20
			Revisar aislamiento de motor	Si	Verificación		20	20
	Observaciones	No	Texto			5	0	

Nota: Fuente elaboración propia (2022).

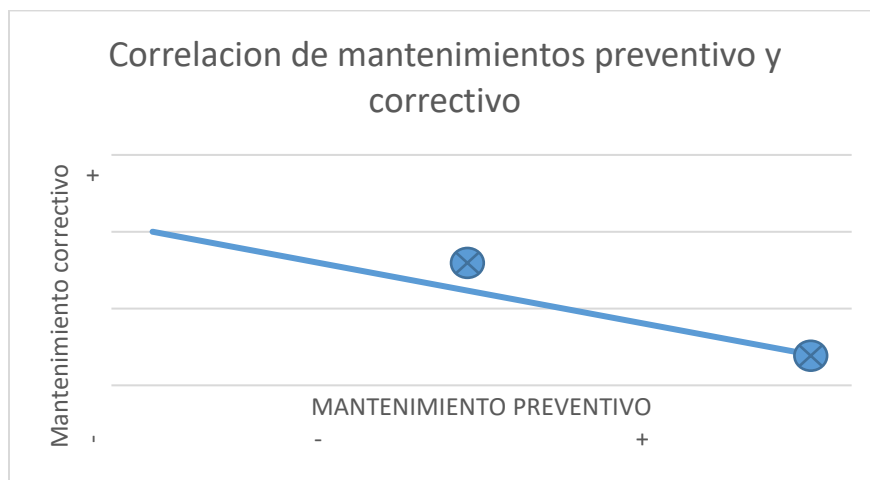
**Figura 37. Plan mantenimiento preventivo (moto bombas)**

Plan de mantenimiento Motobomba (MTB)								
Frecuencia	Descripción	Prioridad	Subtarea	Obligatorio	Tipo de activ Recursos	Duración (mi	Paro (min)	
Mensual	Mantenimie	Media	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No	5	0	
			Inspeccionar ruidos o calentamiento de bomba	Si	Verificación	15	0	
			Realizar chequeo y calibracion de controlador termico	Si	Verificación	5	0	
			Observaciones	No	Texto	10	0	
Trimestral	Mantenimie	Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No	5	0	
			Inspeccionar fisuras y oxido en carcazas de bomba y motor	Si	Verificar	30	30	
			Inspeccionar y ajustar sujecion de anclajes para bomba	Si	Verificar	20	0	
			Observaciones	No	Texto	15	0	
Anual	Mantenimie	Muy Alta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No	5	0	
			Revisar y/o cambiar retenedores y sello de bomba	Si	Verificar	30	30	
			Revisar y ajustar conectores en bornera motor	Si	Verificar	10	10	
			Revisar y/o cambiar impulsor y estator de bomba	Si	Verificar	60	60	
			Revisar, alinear, y/o cambiar acople de bomba	Si	Verificar	20	20	
			Observaciones	No	Texto	10	0	
Bianual	Mantenimie	Muy Lta	Verificar condiciones de seguridad antes de realizar la labor	Si	Si/No	5	0	
			Revisar y/o cambiar rodamientos de motor	Si	Verificar	60	60	
			Revisar y/o cambiar eje, asiento y buje de bomba	Si	Verificar	60	60	
			Revisar aislamiento de motor	Si	Verificar	30	480	
			Pintar carcaza externa de motor y bomba	Si	Si/No	30	120	
			Revisar ajuste de tapas en carcaza y ejes de motor y bomba eje libre	Si	Verificar	60	0	
			Observaciones	No	Texto	20	0	

Nota: Fuente elaboración propia (2022).

## 4 Resultados

Dado que realizar mantenimientos preventivos incide directamente en la disminución de mantenimientos correctivos, la búsqueda del equilibrio monetario de estos dos tipos de mantenimiento es el camino que se busca seguir dentro de la compañía.



Como se evidencio en la **figura 7** los gastos del área de mantenimiento se duplicaron en el año 2021 respecto al año 2019 y en el transcurso del año 2022 (hasta el mes de agosto) van por el mismo camino. Además, el número de mantenimientos correctivos en la formadora de tubos presenta un crecimiento significativo en los años 2021 y 2022, como se constata en la **figura 11**; adicional a los gastos del área de mantenimiento y el aumento de mantenimientos correctivos se puede apreciar, en la **figura 9**, que también ha aumentado la producción en los años 2019, 2020 y 2021, por lo que se deduce un aumento en uso y desgaste del equipo; lo cual requiere planes de acción para mitigar el aumento desmedido de mantenimientos correctivos y paros de producción.

Otro aspecto importante para tener en cuenta para el proceso de producción con una maquina nueva es el montaje e instalación de la misma, ya que el mal montaje incurrirá en mantenimientos correctivos de piezas críticas y paros de producción no deseados, por lo cual se realizó punto por punto la alineación, nivelación y anclaje de los puntos más críticos de la maquina como se puede observar de la **figura 15** a la **figura 21**.

## 5 Análisis

Debido a que, en los años 2020 y 2021 se aumentó producción se justifica la compra de la nueva formadora de tubos, pero adicional a esto, se debe tener presente el aumento de mantenimientos correctivos y gastos en el área de mantenimiento, lo que obliga a tomar acciones y por ende realizar un adecuado diseño e implementación del plan de mantenimiento preventivo para lograr mitigar efectos adversos al aumento de producción y aumento de desgaste de la máquina.

En base al aumento de mantenimientos correctivos, se puede notar que el plan de mantenimiento preventivo en la formadora actual presenta deficiencias, por lo cual no se puede replicar directamente a la nueva formadora de tubos, esto sin tener en cuenta los puntos donde se hacen actualizaciones tecnológicas del proceso.

Es importante analizar el equilibrio entre mantenimiento correctivo vs mantenimiento preventivo, y por esto a los equipos no críticos no se les realizara el mantenimiento preventivo, pues no son un pilar dentro del proceso productivo y destinar recursos como hora hombre, repuestos o insumos no generaría mayor ganancia para la empresa.

También es de resaltar, la importancia que se le dio a la alineación, nivelación y anclaje de los principales componentes de la máquina, pues hacer mal este proceso puede traducirse en cambios de diseño de la máquina, cambios de material de alguna pieza en específico y aumento de mantenimientos correctivos, por ende, aumentando los costos del proyecto y directamente los costos del área de mantenimiento.

## **6 Conclusiones**

Se logro un seguimiento y control de las obras civiles y de infraestructura que fueron trazadas como requisitos por parte del fabricante de la formadora de tubos para realizar adecuadamente la alineación, nivelación y anclaje de la máquina.

Se realizo un análisis de los históricos del área de mantenimiento con lo cual se determinó la importancia del proceso de formado de tubos para la empresa AA Metals y además de cómo ha sido el comportamiento del área de mantenimiento durante los últimos años.

Se encontró la línea taxonómica seguida por la empresa para implementarla en el nuevo plan de mantenimiento preventivo con la jerarquización y codificación establecida.

Se identifico la maquina nueva con cada uno de sus equipos y sub-equipos clasificados de acuerdo con la línea taxonómica establecida en la empresa, además de inventariar las principales características de cada equipo.

Se diseño y presento el plan de mantenimiento preventivo para la nueva formadora de tubos KDB76 determinando frecuencias de acuerdo con la criticidad de cada equipo obtenida por medio de la matriz de criticidad, analizando características específicas de cada equipo y describiendo las subtarear a realizar dentro del mantenimiento preventivo.

## Referencias

- [1] Carrasco, FJ. (2016). Evolución histórica del mantenimiento industrial en relación a la gestión del conocimiento, *dyna ingeniería e industria*.
- [2] Darnell H., & Bert, A. (1978). The role of maintenance management in achieving industrial efficiency, *Maintenance*.
- [3] Asociación Española de Normalización y Certificación AENOR. (2002). Norma UNE-EN 13306 Terminología del mantenimiento.
- [4] Olarte W., & Botero M. (2010). Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción, *Scientia Et Technica*.
- [5] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC. (2015). Norma Técnica Colombiana ISO 9001 Sistemas de gestión de calidad. Requisitos.
- [6] Orrego, JC. (2021). *Planeación de Mantenimiento*. Medellín, Colombia.





<b>Crítico</b>	RDT120	CAJA DE TRANSM FORMING PASO 1S
<b>Crítico</b>	RDT121	CAJA DE TRANSM FORMING PASO S2
<b>Crítico</b>	RDT122	CAJA DE TRANSM FORMING PASO 3S
<b>Crítico</b>	RDT123	CAJA DE TRANSM FORMING PASO 4S
<b>Crítico</b>	RDT124	CAJA DE TRANSM FORMING PASO 5S
<b>Crítico</b>	RDT125	CAJA DE TRANSM FORMING PASO 6S
<b>Crítico</b>	RDT126	CAJA DE TRANSM FORMING PASO 7S
<b>Crítico</b>	RDT127	CAJA DE TRANSM SIZING PASO FS1
<b>Crítico</b>	RDT128	CAJA DE TRANSM SIZING PASO FS2
<b>Crítico</b>	RDT129	CAJA DE TRANSM SIZING PASO FS3
<b>Crítico</b>	RDT130	CAJA DE TRANSM SIZING PASO FS4
<b>Crítico</b>	RDT131	CAJA DE TRANSM SIZING PASO FS5
<b>Crítico</b>	RDT132	CAJA DE TRANSM SIZING PASO FS6

No Crítico	MTE122	MOTOR SCRAP WINDER FT2
Catastrófico	CDS101	COLD SAW
Crítico	MTE123	MOTOR COLD SAW
Semicrítico	RDT133	CAJA REDUCTORA COLD-SAW
Semicrítico	MTE124	MOTOR PRINCIPAL LOOPER
Crítico	LOO102	LOOPER FT KDB76
No Crítico	RD134	CAJA REDUCTURA LOOPER
Semicrítico	MTE125	MOTOR ENTRADA LOOPER
Semicrítico	RDT135	CAJA REDUCTURA LOOPER
Crítico	MTE126	MOTOR UNCOILER
Crítico	MTE127	MOTOR STACKER
Catastrofico	FDT102	FORMADO DE TUBO FT KDB76
No Crítico	SCW103	SCRAP WINDER FT KDB76

Catastrófico	SAF102	SOLDADOR DE ALTA FRECUENCIA FT KDB76
No Crítico	SDC102	SOLDADOR DE COLAS FT KDB76
Crítico	UNC104	UNCOILER FT KDB76
Semicrítico	STA102	STACKER FT KDB76
No Crítico	TIN102	TINA ENFRIAMIENTO FT KDB76
Semicrítico	CNS107	CONSOLA COLD SAW
Semicrítico	CNS108	CONSOLA PRINCIPAL FT KDB76
No Crítico	CNS109	CONSOLA LOOPER FT KDB76
Semicrítico	CNS110	CONSOLA UNCOILER FT KDB76
No Crítico	GBN102	GABINETE SOLDADOR DE COLAS
No Crítico	MTE128	MOTOR BOQUILLA DE SOLDADURA
No Crítico	UPH107	UPH SOLDADOR DE COLAS
No Crítico	MTE129	MOTOR SISTEMA HIDRAULICO SDC

Semicrítico	EDS102	EQUIPO DE SOLDADURA SOL COLAS FT KDB
Semicrítico	GBN103	DC DRIVE
Semicrítico	GBN104	GABINETE COLD SAW
Semicrítico	GBN105	GABINETE PRINCIPAL FT KDB76
No Crítico	GBN106	GABINETE INTERCAMBIADOR DE CALOR FTKDB
No Crítico	TRF101	ESTRUCTURA TORRES
Semicrítico	INT101	INTERCAMBIADORES
Semicrítico	FIL101	SISTEMA DE FILTRADO
Semicrítico	MTB109	MOTO BOMBA FT1 10EKFZ
Semicrítico	MTB110	MOTO BOMBA FT1 10EKFY
Semicrítico	MTB111	MOTO BOMBA FT2 10EKGO
Semicrítico	MTB112	MOTO BOMBA FT2 10EKFR

Semicritico	MTB113	MOTO BOMBA TORRE REFRIGERACION
Semicritico	MTB114	MOTO BOMBA TORRE REFRIGERACION
Semicritico	MTB115	MOTO BOMBA TORRE REFRIGERACION
Crítico	TRR103	TORRE DE REFRIGERACION 1
Crítico	TRR104	TORRE DE REFRIGERACION 2