

 Vigilada Mineducación	<b>GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS</b>		<b>CÓDIGO</b>	FO-GS-15
			<b>VERSIÓN</b>	02
	<b>ESQUEMA HOJA DE RESUMEN</b>			
			<b>FECHA</b>	03/04/2017
		<b>PÁGINA</b>	1 de 1	
<b>ELABORÓ</b>		<b>REVISÓ</b>		<b>APROBÓ</b>
Jefe División de Biblioteca		Equipo Operativo de Calidad		Líder de Calidad

## RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES): NOMBRES Y APELLIDOS COMPLETOS

NOMBRE(S): ANDRES CAMILO APELLIDOS: RINCON PARRA

NOMBRE(S): FRANK ESNEIDER APELLIDOS: ALCALA RAMOS

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA INDUSTRIAL

DIRECTOR:

NOMBRE(S): GAUDY CAROLINA APELLIDOS: PRADA BOTIA

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): FORMULACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO AULA STEAM INDUSTRIA4.0 UBICADA EN LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER DE SAN JOSÉ DE CÚCUTA

**Resumen:** Para el presente proyecto, se desarrolló una lista de chequeo donde se identificó la carencia de información de los equipos relacionado con el mantenimiento preventivo. Además, se complementó realizando un análisis que incluye un diagrama de Ishikawa y una matriz DOFA. Posteriormente, se diseñó una codificación alfanumérica que resumía la función, el nombre, la marca y la cantidad de referencia de cada equipo para facilitar la comprensión y la gestión de los equipos dentro del aula. Luego, se diseñaron fichas técnicas para cada máquina, resaltando su información general, específica y componentes clave. Seguidamente, se diseñó una gama y rutas donde agrupa el cronograma de actividades semestrales de las máquinas. También se diseñó formatos para el mantenimiento rutinario, con el objetivo de abordar de manera oportuna las necesidades de mantenimiento y garantizar el funcionamiento óptimo del aula. En caso de averías, se estableció un procedimiento para solicitar mantenimiento mediante el formato orden de trabajo, asimismo se empleó hojas de vida el cual registra histórico de intervenciones por equipo. Para finalizar, se anexo un manual de mantenimiento donde agrupa los formatos y las actividades de mantenimientos correspondiente de cada equipo del laboratorio.

PALABRAS CLAVES: Mantenimiento, formatos, averías, gamas y rutas

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 84 PLANOS: \_\_ ILUSTRACIONES: \_\_ CD ROOM: \_\_

FORMULACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS  
EQUIPOS DEL LABORATORIO AULA STEAM INDUSTRIA 4.0 UBICADA EN LA  
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER DE SAN JOSÉ CÚCUTA

FRANK ESNEIDER ALCALÁ RAMOS

ANDRÉS CAMILO RINCÓN PARRA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2023

FORMULACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS  
EQUIPOS DEL LABORATORIO AULA STEAM INDUSTRIA 4.0 UBICADA EN LA  
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER DE SAN JOSÉ CÚCUTA

FRANK ESNEIDER ALCALÁ RAMOS

ANDRÉS CAMILO RINCÓN PARRA

Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniero Industrial

Directora

Gaudy Carolina Prada Botía

Ingeniera Mecánica

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2023



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE GRADO

**FECHA:** 28 de agosto, 2023  
**HORA:** 11:00 a.m.  
**LUGAR:** Edificio Fundadores Salón 210  
**PLAN DE ESTUDIOS:** INGENIERIA INDUSTRIAL

**TÍTULO DE LA TESIS:** “FORMULACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO AULA STEAM INDUSTRIA 4.0 UBICADA EN LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER DE SAN JOSÉ DE CÚCUTA.”

**JURADOS:** MEIMER PEÑARANDA CARRILLO  
WLAMYR PALACIOS ALVARADO

**DIRECTOR:** GAUDY CAROLINA PRADA BOTIA

NOMBRE DEL ESTUDIANTE	CODIGO	CALIFICACIÓN LETRA	NÚMERO
FRANK ESNEIDER ALCALÁ RAMOS	1192567	cuatro, dos	4,2
ANDRÉS CAMILO RINCÓN PARRA	1192576	cuatro, dos	4,2

### APROBADA

  
MEIMER PEÑARANDA CARRILLO

  
WLAMYR PALACIOS ALVARADO

Vo.Bo **PEDRO ANTONIO GARZÓN AGUDELO**  
Coordinador Plan de Estudios  
Ingeniería Industrial  
*Magda M.*

**INDICE**

Introducción	12
1 El Problema	14
1.1 Título	14
1.2 Planteamiento del problema	14
1.3 Formulación del Problema	15
1.4 Justificación	15
1.4.1 A Nivel de la Empresa	15
1.4.2 A Nivel del Estudiante	15
1.5 Objetivos	16
1.5.1 Objetivo General	16
1.5.2 Objetivos Específicos	16
1.6 Alcances y Limitaciones	17
1.6.1 Alcances.	17
1.6.2 Limitaciones	17
2 Marco Referencial	18
2.1 Antecedentes	18
2.1.1 Antecedente Internacionales	18
2.1.2 Antecedentes Nacionales	19
2.1.3 Antecedentes Regionales	20

2.2	Marco Contextual	22
2.2.1	Generalidades de la Empresa	22
2.2.2	Reseña Histórica	23
2.2.3	Misión	25
2.2.4	Visión	25
2.3	Marco teórico	25
2.3.1	¿Qué es el Mantenimiento Industrial?	25
2.3.1.1	Mantenimiento Preventivo.	26
2.3.1.1.1	Ventajas Del Mantenimiento Preventivo.	27
2.3.2	Lista de Equipos	27
2.3.3	Codificación de Equipos	29
2.3.4	Selección del Modelo de Mantenimiento	29
2.3.5	Plan de Mantenimiento	31
2.3.5.1	Hoja-Resumen de los Equipos de una Planta.	31
2.3.5.2	Determinación de Fallos Funcionales y Fallos Técnicos.	32
2.3.5.3	Tareas de Mantenimiento.	33
2.3.5.4	Consulta al Manual del Equipo.	35
2.3.6	Agrupación de las Tareas. Gamas y Rutas de Mantenimiento	36
2.3.6.1	Rutas diarias.	36
2.3.6.2	Rutas Semanales y Mensuales.	36
2.3.6.3	Gamas Anuales.	37
2.3.6.4	Organización de Paradas.	37
2.3.6.5	Asignación de Prioridades.	38

	VI
2.3.7 Causas de Fallos	40
2.3.7.1 Fallos en el Material.	40
2.3.7.2 Error Humano del Personal de Producción.	41
2.3.7.3 Errores del Personal de Mantenimiento.	41
2.3.7.4 Condiciones Externas Anómalas.	42
2.3.8 La importancia del manual de procedimientos	42
2.3.9 Cronograma de Actividades	43
2.3.9.1 Beneficios del Cronograma de Actividades.	43
2.3.9.2 Principales Ventajas de un Cronograma de Mantenimiento.	44
2.3.10 Orden de trabajo.	45
2.4 Marco Conceptual	46
2.5 Marco legal	50
3 Diseño Metodológico	51
3.1 Tipo de Investigación	51
3.2 Población y Muestra	52
3.2.1 Población.	52
3.2.2 Muestra	53
3.3 Instrumentos de Recolección de Información	53
3.3.1 Fuentes primarias	53
3.3.2 Fuentes secundarias	53
3.4 Análisis de la Información	54

4	Análisis Y Resultados Del Plan De Mantenimiento	55
4.1	Diagnóstico inicial del aula STEAM	55
4.1.1	Resultado y análisis de la lista de chequeo.	55
4.1.2	Distribución de los equipos en el aula STEAM.	57
4.1.3	Problemáticas que afectan la calidad de los equipos del aula STEAM.	61
4.2	Análisis de los equipos que permita identificar su funcionalidad y procedimientos utilizando lista de equipos, codificación y una ficha técnica.	63
4.2.1	Lista de equipos del aula STEAM	64
4.2.2	Codificación de los equipos del aula STEAM	65
4.2.3	Ficha técnica de los equipos.	67
4.3	Diseñar cronograma de mantenimiento en los equipos según las especificaciones técnicas de los fabricantes mediante la determinación de gamas y rutas.	69
4.3.1	Gamas y rutas para mantenimiento de los equipos	69
4.4	Diseño de un plan de mantenimiento a los equipos del aula STEAM para alargar su vida útil, usando los manuales de procedimientos y sus respectivas ordenes de trabajo.	71
4.4.1	Lista de chequeo rutinario.	71
4.4.2	Hoja de vida de los equipos.	72
4.4.3	Orden de trabajo.	74
4.4.4	Manual de mantenimiento para los equipos.	75
5	Referencias	81

**Lista de Figuras**

Figura 1.	Ubicación satelital del aula STEAM	23
Figura 2.	Niveles de lista de equipos	28
Figura 3.	Ejemplo de Lista de equipos	28
Figura 4.	Asignación de prioridades (Diagrama de flujo)	39
Figura 5.	Inventarios de los Equipos del Aula STEAM	52
Figura 6.	Plano 3D aula STEAM	57
Figura 7.	Medidas y distribución de los equipos.	58
Figura 8.	Distribución actual de los equipos del aula STEAM.	59
Figura 9.	Redistribución de los equipos del aula	60
Figura 10.	Diagrama de Ishikawa.	61
Figura 11.	Matriz DOFA.	62
Figura 12.	Lista de equipos	64
Figura 13.	Codificación de los equipos	65
Figura 14.	Formato Ficha Técnica	68
Figura 15.	Formato Gamas y Rutas	70
Figura 16.	Tabla de abreviaturas – Frecuencia	70

Figura 17. Formato de lista de chequeo rutinario	73
Figura 18. Formato hoja de vida	74
Figura 19. Formato Orden de trabajo	76

**Lista de Tablas**

Tabla 1. Resumen Lista De Chequeo	56
Tabla 2. Codificación De Los Equipos	66

### **Lista de Anexos**

Anexos A. Base de datos aula steam Documento EXCEL; **Error! Marcador no definido.**

Anexos B. Manual de mantenimiento aula STEAM

Anexos C. Tutorial Base de datos aula steam Documento EXCEL

## Introducción

Un plan de mantenimiento está constituido por operaciones preventivas, estas a su vez pueden dirigirse a un área de trabajo o algún equipo en específico. Un plan de mantenimiento brindara estrategias para afrontar posibles fallos, que puedan generarse debido al pasar del tiempo por el desgaste de diferentes piezas, estos planes buscan prevenir una falla y evitar que ese problema crezca hasta el punto de averiar el equipo por completo, generando paros en el desarrollo productivo y largos tiempos de reparación debido a una mala planificación, si bien el objetivo de un plan de mantenimiento es alargar la vida útil de los equipos no se debe malinterpretar el concepto haciendo trabajar la máquina hasta que esta se averíe por completo, sino buscar que esos paros debido a mantenimiento no interfieran en desarrollo productivo, y que esos mantenimientos sean rápidos y programados.

El aula STEAM ubicada en la universidad Francisco de Paula Santander de san José Cúcuta, se creó para el desarrollo de competencias en campos como la ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas, donde también se integran las tecnologías de la actualidad como lo son: IoT (Internet de las cosas), RV (Realidad Virtual) y tecnologías UAV (vehículo aéreo no tripulado o drones). de igual forma el aula está encaminada en las industrias 4.0 con el objetivo de formar ingenieros industriales más competitivos y versátiles en el campo laboral actual.

El presente anteproyecto tiene como propósito formular un plan de mantenimiento preventivo para los equipos del laboratorio aula STEAM, debido a que esta aula fue diseñada recientemente, no cuenta con un plan que garantice la seguridad de los equipos y la comunidad universitaria,

para la cual fue necesario destinar una gran inversión económica a fin de crear dicha aula, en referencia al tema se abarcaran diagnóstico de equipos, evaluación de fichas técnicas, documentación de inventarios, análisis de criticidad en los equipos, planificación de mantenimiento y requerimiento de materiales.

Para llevar a cabo este proyecto, se comenzó realizando una lista de chequeo con el objetivo de identificar los estados de los equipos y cuales carecían de información de aspectos técnicos. A partir de los datos obtenidos en esta lista, se contactaron a los proveedores de los equipos para solicitar los manuales de uso y mantenimiento faltantes. Por otro lado, se realizó una representación gráfica del aula en planos 2D y 3D para visualizar la disposición inicial de los equipos. Posteriormente, se analizó la compleja codificación asignada por la universidad a los equipos y se determinó diseñar una codificación alfanumérica que simplificó la identificación. Luego, se efectuó las fichas técnicas la cual dan información detallada de cada máquina, incluyendo su función y componentes esenciales. Seguidamente, con información de los fabricantes y la base de datos universitaria, se establecieron tareas de mantenimiento preventivo por equipo, y fue plasmada en un formato de lista de actividades para el encargado del aula. También se creó un formato de inspección rutinaria, junto con una hoja de vida para cada equipo, permitiendo un registro completo de mantenimientos y garantizando el óptimo funcionamiento del aula en el semestre académico. Además, se diseñó un formato de orden de trabajo, que se utiliza en caso de averías, la cual solicitar una intervención de mantenimiento que se envía al departamento de procesos industriales, y así autoriza las actividades y los recursos necesarios. Además, se elaboró un manual de mantenimiento que sintetiza la información relevante de este proyecto relacionada con los equipos.

# 1 El Problema

## 1.1 Título

Formulación de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos del laboratorio aula STEAM industria 4.0 ubicada en la Universidad Francisco de Paula Santander de San José Cúcuta.

## 1.2 Planteamiento del problema

El aula STEAM es un espacio de investigación y desarrollo de habilidades que están enfocadas en capacitar al futuro ingeniero industrial en las necesidades del campo laboral, en esta se implementa la simulación de procesos con el fin de dar solución a problemas complejos del sector productivo. Para la creación de esta aula, la universidad francisco de paula Santander destino una gran inversión, actualmente no se cuenta con un plan de mantenimiento por parte de la universidad a los equipos.

Se observa la necesidad de diseñar un plan de mantenimiento preventivo a los equipos para evitar paros imprevistos en los equipos, sobrecostos por uso inadecuado, pérdidas de dinero, reducción de la vida útil de los equipos. Con el fin de aprovechar al máximo la inversión de la universidad Francisco de paula Santander para la creación de esta aula enfocada en las industrias 4.0.

### **1.3 Formulación del Problema**

¿De qué manera el aula STEAM puede prolongar la vida útil de sus máquinas y equipos, además evitar fallas que ocasionen estancamientos del proceso de aprendizaje?

### **1.4 Justificación**

#### ***1.4.1 A Nivel de la Empresa***

La realización de este proyecto brindara a la Universidad Francisco de Paula Santander disminuir el desgaste de los equipos por uso inadecuado, posibles fallas o averías que generen un aumento de los costos de mantenimiento, además tendrá un impacto positivo en la calidad de sus servicios brindados por el aula STEAM, puesto que esta no cuenta con un sistema que le permita prevenir las fallas que pueden ocurrir en los equipos. Lo que se busca con el plan de mantenimiento preventivo es brindar confiabilidad y disponibilidad de los equipos, permitiendo que estos se encuentren en óptimas condiciones la mayor parte del tiempo.

#### ***1.4.2 A Nivel del Estudiante***

Se realizará el siguiente proyecto con el fin de poner en práctica lo visto a lo largo del proceso de formación como ingenieros industriales, también se fortalecen habilidades como lo son la comunicación, investigación, diseño de plantas, control de inventario, pronósticos y por supuesto abordando la temática de mantenimiento industrial. De la misma forma da paso a la obtención de nuevos métodos, técnicas y prácticas en dichos conocimientos.

## **1.5 Objetivos**

### ***1.5.1 Objetivo General***

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo para los equipos que intervienen en las actividades de laboratorio del aula STEAM de industrias 4.0

### ***1.5.2 Objetivos Específicos***

Diagnosticar la situación actual del aula STEAM, mediante la implementación de una lista de chequeo a cada equipo.

Realizar análisis de los equipos que permita identificar su funcionalidad y procedimientos utilizando lista de equipos, codificación y una ficha técnica.

Diseñar cronograma de mantenimiento en los equipos según las especificaciones técnicas de los fabricantes mediante la determinación de gamas y rutas.

Diseñar un plan de mantenimiento a los equipos del aula STEAM para alargar su vida útil, usando los manuales de procedimientos y sus respectivas ordenes de trabajo.

## **1.6 Alcances y Limitaciones**

### ***1.6.1 Alcances.***

El proyecto de formulación de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos del laboratorio aula STEAM, comenzara realizando un diagnóstico inicial mediante la implementación de una lista de chequeo a cada equipo, para de este modo contar con la información cuantitativa y cualitativa relevante que apoye el análisis de los equipos que permitiendo identificar su funcionalidad y procedimientos utilizando lista de equipos, codificación y una ficha técnica. Seguidamente se diseñará el cronograma de mantenimiento en los equipos según las especificaciones técnicas de los fabricantes y para finalizar se documentará la información, logrando establecer el diseño del plan de mantenimiento de los equipos del aula STEAM para alargar su vida útil, usando los manuales de procedimientos.

### ***1.6.2 Limitaciones***

Al desarrollar el proyecto se tuvo presente que es un aula recientemente instalada, donde hay una carencia en cuanto a la capacitación sobre el uso y manejo de los equipos, asimismo no se posee información por parte de los proveedores en cuanto al mantenimiento de los equipos y a su vez la universidad Francisco de Paula Santander, debido a que no dispone documentos de control en el aula STEAM. Además, el proyecto se realizará en un periodo donde la universidad se encontrará cerrada, ocasionado que no se pueda trabajar en el aula.

## 2 Marco Referencial

### 2.1 Antecedentes

#### 2.1.1 Antecedente Internacionales

Rodríguez (2020). Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo para reducir los costos de mantenimiento en la empresa Reencauchadora Zaga y Asociados S.R.L. Proyecto de Grado de Ingeniería Industrial. Universidad Privada del Norte. Perú. El propósito de este estudio consiste en evaluar hasta qué punto la metodología contribuye a la optimización del proceso de producción. La metodología en cuestión es la implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo destinado a los equipos de la empresa, con la particularidad de que pueda ser ejecutado por el propio trabajador antes de que ocurra una avería.

**Aporte.** El presente trabajo nos orienta en la forma de codificar los equipos implementando el método de las 5S (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke), el objetivo de este método es crear un espacio de trabajo agradable que contribuya a la satisfacción de los estudiantes y una alta productividad académica.

Alba & Chinchay (2018). Plan de mantenimiento preventivo para mejorar disponibilidad de equipos biomédicos, unidad de cuidados intensivos, Hospital Víctor Ramos Guardia – Huaraz. Proyecto de grado de Ingeniería Industrial. Universidad Cesar Vallejo. Perú. En la presente investigación se procedió a emplear el método deductivo, con una investigación de tipo

pre experimental y longitudinal, aplicado a una población de 20 equipos médicos pertenecientes a la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI). Durante el proceso de investigación, se pudo constatar que el hospital ubicado en la provincia de Huaraz carecía de un plan de mantenimiento preventivo propio que asegurara la continuidad operativa de sus equipos. En consecuencia, se llevó a cabo un análisis de la situación actual, el cual permitió determinar que la disponibilidad inicial de los dispositivos alcanza un promedio del 86%.

**Aporte.** Este proyecto permitirá estipular tiempos estándar que determina ciertos problemas que se presentan, de esta forma permite que las personas encargadas del mantenimiento estén al tanto de los inconvenientes que se pueden presentar y corregirlos correctamente de forma oportuna. De esta manera se minimiza el tiempo improductivo de los equipos para sus labores académicas.

### ***2.1.2 Antecedentes Nacionales***

Quiñones (2021). Plan de mantenimiento preventivo para los vehículos, maquinaria y equipos de la empresa compañía de ingeniería sanitarias SAS, en Santiago de Cali. Proyecto de Grado de Ingeniería Mecánica. Universidad Autónoma de Occidente. Como parte del contexto de este estudio, se elaboró un plan de mantenimiento preventivo completo junto con su procedimiento detallado, instrucciones y requisitos correspondientes. El propósito de este plan es prevenir posibles fallos en los vehículos, maquinaria y equipos de la empresa Codinsa SAS. El enfoque es asegurar una mayor fiabilidad y disponibilidad de los equipos, lo que a su vez resulta en una disminución de interrupciones no planificadas y en una reducción de los costos asociados.

**Aporte.** Este proyecto permite dar una perspectiva necesaria, para llevar un control del inventario y la oportuna solicitud de repuestos o materiales que se necesitan para llevar a cabo el plan de mantenimiento preventivo.

Urrego (2017). Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para equipos de la línea de perforación de la empresa cimentaciones de Colombia Ltda. Bogotá D.C. Proyecto de Grado de Ingeniería Mecánica. Universidad Santo Tomas. La elaboración de este trabajo de grado cuenta con la aprobación de la empresa CIMENTACIONES DE COLOMBIA LTDA, con el propósito de promover la mejora en la confiabilidad, disponibilidad y facilidad de mantenimiento de los equipos utilizados en la línea de perforación. Esto se llevará a cabo mediante la creación de un plan de mantenimiento preventivo que gestionará de manera eficaz las actividades periódicas. El objetivo es evitar interrupciones, costos excesivos, pérdida de producción y prevenir fallos en los componentes, al mismo tiempo que se busca optimizar su funcionamiento y prolongar su vida útil.

**Aporte.** Este proyecto permitirá dar una perspectiva necesaria, para la elaboración del marco teórico, ya que trata de cómo elaborar un plan de mantenimiento, aborda los sistemas de información y además como llevar a cabo la planificación de solicitudes de herramientas, repuestos e insumos.

### ***2.1.3 Antecedentes Regionales***

Jaimes & López (2020). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo y análisis de criticidad para la empresa Vilcoque S.A.S. En la ciudad San José de Cúcuta. Proyecto de Grado de Ingeniería Mecánica. Universidad Francisco de Paula Santander. La motivación para emprender este proyecto surge de la necesidad de implementar un Plan de Mantenimiento Preventivo que contribuya a la optimización de la cadena de producción de YILCOQUE S.A.S. La intención es establecer un sistema de información que facilite la gestión efectiva del mantenimiento y llevar a cabo un análisis de criticidad para las tres áreas distintas de la compañía, localizadas en la ciudad de Cúcuta.

**Aporte.** Este proyecto aporta conocimientos para la evaluación del estado actual de los equipos y la elaboración de formatos que permiten llevar el control de las actividades de mantenimiento.

Rivera & Chona (2017). Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la línea de rectificación de motores en la rectificadora MOTORVAL ubicada en la ciudad de San José de Cúcuta. Proyecto de Grado de Tecnología en Procesos Industriales. Universidad Francisco de Paula Santander. Este trabajo abarca un análisis exhaustivo del mantenimiento rutinario y preventivo de la línea de rectificación de motores de la empresa MOTORVAL. Además, se presenta la planificación detallada de las tareas de mantenimiento preventivo dirigidas a los equipos críticos presentes en dicha línea. Se comparte también el plan propuesto con el objetivo de asegurar su correcta implementación, lo que permitirá la identificación y evaluación anticipada de posibles fallos en los equipos. En última instancia, se busca garantizar la disponibilidad adecuada de los equipos y el mantenimiento óptimo de sus componentes.

**Aporte.** Este proyecto sirve como guía al momento de clasificar de equipos, diseño de formatos, además aborda la elaboración de cronograma de mantenimiento para los equipos y la importancia de estos.

## **2.2 Marco Contextual**

### **2.2.1 Generalidades de la Empresa**

Nombre o razón social: Facultad ingeniería industrial de la Universidad Francisco de Paula Santander

Registro SNIES: 51769

San José de Cúcuta - Colombia

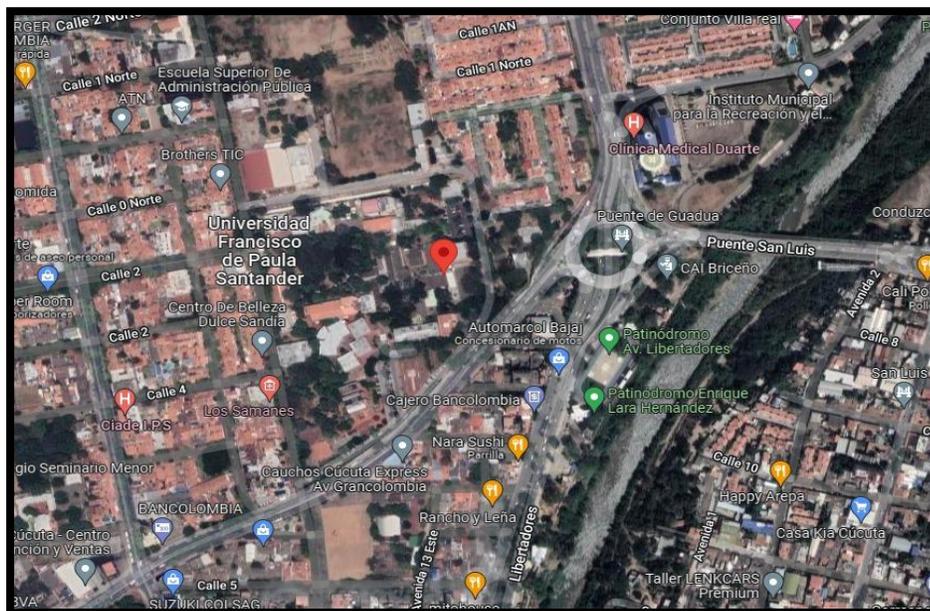
Teléfono: (057) (7) 5776655

E-mail: [ingindustrial@ufps.edu.co](mailto:ingindustrial@ufps.edu.co)

Dirección de la empresa: Avenida Gran Colombia No. 12E-96 Barrio Colsag, Cúcuta norte de Santander - Colombia

Coordenadas de ubicación: 7°53'52.1"N 72°29'12.7"W

*Figura 1. Ubicación satelital del aula STEAM*



### **2.2.2 Reseña Histórica**

La Universidad Francisco de Paula Santander nace como fundación de carácter privado el 5 de julio de 1962, mediante Escritura Pública N°970 de la Notaría Primera del Círculo de Cúcuta con la creación del programa de Economía. En el proceso de transformación de la universidad, se logra adquirir el carácter de Universidad Seccional Oficial, El 26 de diciembre de 1968, mediante la ley 67 del Congreso Nacional de Colombia, un logro importante en ese momento es obtener en muy poco tiempo a través del Decreto 323 de mayo 13 de 1970, el carácter de Universidad Oficial Departamental.

El 1 de junio de 1970 se declara disuelta la Fundación Universidad de Cúcuta Francisco de Paula Santander, constituida como derecho privado y para garantizar su perpetuidad se acepta sea declarada como Universidad Oficial del Departamento: quedando en la actualidad, la entidad ha adoptado la forma de un organismo público descentralizado con personalidad jurídica. Su principal encomienda radica en proporcionar una educación integral a sus estudiantes, fundamentada en el compromiso social, y haciendo uso de las tecnologías de la comunicación y la información como recursos fundamentales.

El acuerdo 081 de septiembre 11 de 1995, del Consejo Superior Universitario de la Universidad Francisco de Paula Santander, crea el plan de estudios de Ingeniería de Producción Industrial, con registro ICFES 48117. En el año 2003 el programa realizó su 13 proceso de autoevaluación con fines de Registro Calificado y durante este proceso se determinó cambiar la denominación a INGENIERÍA INDUSTRIAL según Acuerdo No. 024 del 21 de abril de 2003. Posteriormente, se obtuvo el Registro Calificado según Resolución 3687 del 31 de agosto de 2005 y código SNIES 120946200005400111500 de 8 febrero de 2006. En el año 2012 se realizó exitosamente la primera renovación de su Registro calificado, el cual fue otorgado por un período de 7 años hasta el 2019.

En el presente, el programa de Ingeniería Industrial ha formulado el compendio de requisitos mínimos de excelencia, derivado de las recientes evaluaciones internas efectuadas con el fin de renovar la aprobación oficial y emprender la búsqueda de la certificación de calidad superior. Este enfoque se orienta hacia la mejora constante en

consonancia con las demandas de las partes interesadas, en línea con el compromiso arraigado de la UFPS y del programa mismo en servicio al Departamento y a la nación.

### **2.2.3 Misión**

La Facultad de Ingeniería de la Universidad Francisco de Paula Santander coordina y administra desde sus programas académicos un modelo pedagógico centrado en el estudiante basado en una formación altamente científica y técnica, que permita la formación de profesionales con capacidad de aportar a la transformación positiva de su entorno natural, social, económico, político y cultural conjugando un gran sentido de responsabilidad ética en el nuevo contexto mundial.

### **2.2.4 Visión**

La Facultad de Ingeniería de la Universidad Francisco de Paula Santander en el año 2020 habrá logrado la excelencia y acreditación de calidad de la mayoría de sus programas académicos. Mantendrá su vocación investigadora sobre los problemas del entorno regional y de frontera, consolidando un liderazgo en la innovación científica y tecnológica.

## **2.3 Marco teórico**

### **2.3.1 ¿Qué es el Mantenimiento Industrial?**

Consiste en la organización de tareas dirigidas a instalaciones y maquinaria, con el propósito de identificar, remediar o evitar dificultades causadas por posibles fallos en las operaciones de un dispositivo o equipo. El objetivo es garantizar que una instalación, sistema industrial, máquina u otro bien duradero sigan ejecutando las funciones para las cuales fueron diseñados, manteniendo su capacidad y calidad establecidas. (Cansino Florez & Lucero Diaz, 2015).

**2.3.1.1 Mantenimiento Preventivo.** Este enfoque de mantenimiento busca disminuir la necesidad de reparaciones correctivas a través de la implementación de un sistema en el cual se lleven a cabo procedimientos regulares de inspección y la sustitución de componentes deteriorados. Esto tiene como objetivo prevenir impactos directos en la productividad y en la calidad del producto o servicio. (Cansino Florez & Lucero Diaz, 2015)

El logro del mantenimiento preventivo depende de elegir adecuadamente el momento de inspección, ya que un intervalo excesivamente largo permite la aparición de fallos entre dos revisiones sucesivas. Por otro lado, un intervalo demasiado corto incrementa significativamente los costos de producción. (Cansino Florez & Lucero Diaz, 2015)

**2.3.1.1.1 Ventajas Del Mantenimiento Preventivo.** Este método de mantenimiento contribuye a reducir la posibilidad de detenciones inesperadas, disminuye los gastos de reparación ya que las averías suelen afectar otras partes cuando ocurren en pleno funcionamiento. Además, facilita una gestión y planificación más eficaz de las actividades de mantenimiento en los equipos. Proporciona una mayor seguridad en la operación de los equipos al tener información sobre su condición y rendimiento. Asimismo, asegura una carga de trabajo uniforme para el personal de mantenimiento debido a una programación de tareas. En última instancia, prolonga la vida útil de los equipos e instalaciones. (Cansino Florez & Lucero Diaz, 2015)

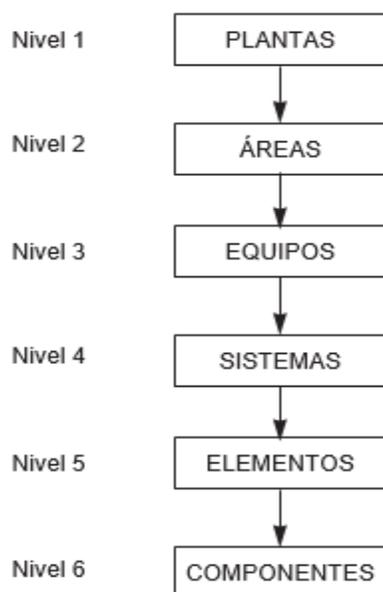
### **2.3.2 Lista de Equipos**

El primer desafío al abordar un Análisis de Equipos es crear una lista sistemática de los equipos presentes en la instalación. El proceso de elaborar un inventario de los activos de la planta es más complicado de lo que podría parecer a primera vista. (Garcia Garrido, 2003).

Una enumeración básica de motores, bombas, sensores, y otros elementos de la planta resulta insuficiente y poco funcional. Una lista de tal naturaleza únicamente consiste en datos sin generar información relevante. Para obtener una lista de equipos genuinamente beneficiosa, es necesario presentarla en forma de estructura jerárquica, donde se reflejen las conexiones de dependencia entre cada ítem y los demás, similar a un árbol de relaciones. (Garcia Garrido, 2003)

En una instalación industrial, es posible identificar los siguientes niveles al crear esta estructura jerárquica:

:



(Garcia Garrido, 2003)

*Figura 2. Niveles de lista de equipos*

Nivel 1 ÁREA	Nivel 2 EQUIPO	Nivel 3 SISTEMA
ÁREA 3: INYECCIÓN	Inyectora 1	Sistema hidráulico

*Figura 3. Ejemplo de Lista de equipos*

### **2.3.3 Codificación de Equipos**

Después de compilar la lista de equipos, resulta de suma importancia asignar a cada uno un código único. Esta medida simplifica la ubicación de los equipos, su mención en órdenes de trabajo y planos, y respalda la creación de archivos históricos relacionados con fallos y mantenimientos. Además, posibilita el cálculo de indicadores relacionados con áreas, equipos, sistemas y componentes, y brinda la capacidad de gestionar los costes asociados. (García Garrido, 2003)

### **2.3.4 Selección del Modelo de Mantenimiento**

Cuando creamos estas fichas, es recomendable iniciar con los equipos que se consideran más críticos, y posteriormente abordar el resto de manera secuencial hasta incluir todos los equipos presentes en la instalación. (García Garrido, 2003)

En la ficha de equipo, es esencial registrar los siguientes detalles:

- Código único y descripción del equipo.
- Información general.
- Características principales, incluyendo especificaciones detalladas. Es fundamental recopilar la máxima cantidad de datos de cada equipo.
- Valores de referencia, como temperaturas de operación, niveles de vibración en puntos específicos, consumo de energía por fase, etc.

- Evaluación de criticidad del equipo. Es beneficioso explicar la justificación detrás de la asignación de su nivel de criticidad, para que cualquier persona pueda entender su clasificación.
- Modelo de mantenimiento recomendado. Es útil proporcionar una explicación para respaldar esta conclusión, quizás mediante gráficos o espacio para justificación.
- Requisitos de mantenimiento conforme a normativas legales, y mencionar las normativas aplicables.
- Posibles subcontratos con fabricantes, detallando el tipo de subcontrato propuesto (revisiones periódicas, correctivas, inspecciones).
- Repuestos críticos que deben mantenerse en stock específicamente para ese equipo.
- Repuestos anticipados para el equipo en un horizonte de 5 años.
- Consumibles necesarios, como lubricantes, filtros, etc., con detalles de sus propiedades.
- Necesidades de formación para adquirir el conocimiento necesario para gestionar el mantenimiento del equipo de manera efectiva.

Elaborar estas fichas para cada uno de los componentes de la planta permite apreciar claramente por qué este esfuerzo de recopilación de datos es de gran relevancia, no solo para la creación del Plan de Mantenimiento, sino también para respaldar otras tareas:

Contaremos con información esencial que será útil en distintos contextos, como la capacidad de calcular el presupuesto destinado al mantenimiento. Será posible realizar

estimaciones precisas sobre los materiales requeridos, así como evaluar el valor del inventario de repuestos. Además, tendremos la base para negociar subcontratos necesarios con fabricantes.

(Garcia Garrido, 2003)

### ***2.3.5 Plan de Mantenimiento***

**2.3.5.1 Hoja-Resumen de los Equipos de una Planta.** Esto facilitará la gestión de datos cruciales de la planta en un formato más conciso, lo que permitirá obtener una visión general completa con solo una rápida revisión de un documento de pocas páginas. (Garcia Garrido, 2003)

La información que debería incluirse en esta hoja de resumen, siguiendo el formato propuesto en la página siguiente, abarcaría los siguientes aspectos (se indican las abreviaturas empleadas en el formato):

- Código del equipo (CÓDIGO).
- Nombre del equipo (DESCRIPCIÓN).
- Nivel de criticidad (CRIT).

Modelo de mantenimiento a aplicar. Los modelos serán los detallados anteriormente:

- Fiabilidad (FIAB).
- Sistemático (SIST).

- Condicional (COND).
- Correctivo (CORR).
- Mantenimiento legal (añadido a los anteriores) (LEG). Indicar qué inspecciones le corresponden.
- Mantenimiento subcontratado al fabricante (SUB). (Indicar el tipo de subcontrato que se propone: preventivo, correctivo, inspecciones).
- Las acciones formativas (cursos, charlas, etc.) que se consideran necesarias para completar los conocimientos sobre la planta.
- Repuesto crítico (en caso de ser equipo crítico). Indicar las piezas que deben permanecer en stock. (REPUESTO).
- Cualquier otra información de interés (OBSERVACIONES).

(Garcia Garrido, 2003)

**2.3.5.2 Determinación de Fallos Funcionales y Fallos Técnicos.** Estableceremos como fallo funcional a aquel evento que impide que el equipo o sistema bajo consideración cumpla con su función designada. Por ejemplo, al analizar el sistema de lubricación de un compresor, un fallo funcional podría ser la falta de lubricación en el sistema. (Garcia Garrido, 2003)

Para identificar un fallo funcional, simplemente necesitamos comprender la función que desempeña y definir el fallo como la ausencia de dicha función, es decir, la no ejecución de su propósito. Un fallo técnico, por otro lado, no obstruye la capacidad del equipo para cumplir su función, pero sí resulta en un funcionamiento anormal del mismo. (Garcia Garrido, 2003) Así, volviendo a los ejemplos anteriores, fallos técnicos de un sistema de lubricación podrían ser:

- Escape de lubricante.
- Elevada temperatura del lubricante.
- Detección de agua en el lubricante.

Estos problemas, aunque menos críticos que los fallos funcionales, representan operaciones anómalas que podrían acelerar la degradación del equipo y eventualmente transformarse en fallos funcionales. (Garcia Garrido, 2003)

**2.3.5.3 Tareas de Mantenimiento.** Estos son las actividades que podemos llevar a cabo con el propósito de prevenir el fallo o reducir sus consecuencias. A su vez, las labores de mantenimiento pueden clasificarse en las siguientes categorías:

**Categoría 1. Inspecciones Visuales:** Estas revisiones, de bajo costo, pueden aplicarse independientemente del modelo de mantenimiento y resultan beneficiosas al observar todos los equipos en la planta en ocasiones oportunas.

**Categoría 2. Lubricación:** Debido a su costo reducido, las acciones de lubricación siempre se justifican financieramente.

**Categoría 3. Verificaciones de Funcionamiento Internas:** Estas tareas comprenden la recolección de datos de parámetros operativos utilizando los propios instrumentos del equipo. Ejemplos incluyen verificar alarmas y registrar mediciones como presión, temperatura y

vibración. Si se detectan anomalías, se debe proceder según lo indicado y se deben establecer protocolos para abordar medidas fuera de los rangos normales.

**Categoría 4. Verificaciones de Funcionamiento Externas:** Para determinar si un equipo cumple con especificaciones predefinidas, se requiere el uso de instrumentos externos no permanentemente conectados al equipo. Esta categoría puede dividirse en verificaciones con instrumentos simples (p. ej., termómetros infrarrojos) y complejos (p. ej., analizadores de vibraciones, termografías).

**Categoría 5. Limpieza Técnica Condicional:** Se basa en el estado del equipo y se realiza cuando es necesario.

**Categoría 6. Ajustes Condicionales:** Se realizan cuando el equipo muestra signos de desajuste.

**Categoría 7. Limpieza Técnica Sistemática:** Llevada a cabo periódicamente sin importar el estado actual del equipo.

**Categoría 8. Ajustes Sistemáticos:** Realizados en intervalos establecidos independientemente de signos de desajuste.

**Categoría 9. Sustitución Sistemática de Piezas:** Basada en horas de funcionamiento o calendario, sin considerar el estado de las piezas.

**Categoría 10. Grandes Revisiones:** Incluyen la sustitución de todas las piezas sujetas a desgaste.

Una vez que los posibles modos de fallo se hayan identificado en un elemento, es necesario determinar las tareas de mantenimiento que puedan prevenirlos o minimizar sus efectos. Es recomendable explorar todas las categorías de tareas y establecer todas las acciones posibles. (Garcia Garrido, 2003)

**2.3.5.4 Consulta al Manual del Equipo.** La creación de un Plan de Mantenimiento no empieza con la revisión del manual proporcionado por el fabricante del equipo, sino más bien concluye en ese punto. (Garcia Garrido, 2003), El fabricante del equipo no suele ser un excelente mantenedor, por dos razones:

- No busca la eliminación completa de los problemas. Crear un equipo sin fallos puede tener un impacto en los ingresos.
- No es un experto en Mantenimiento, sino en diseño y ensamblaje.

Es innegable que la experiencia del fabricante es crucial al elaborar el plan, pero no se debe depender exclusivamente de sus recomendaciones para el Plan de Mantenimiento. Las sugerencias del fabricante pueden incorporarse en la etapa final al definir la lista de tareas, para asegurarse de no omitir ningún punto relevante que el fabricante considere necesario. (Garcia Garrido, 2003)

### **2.3.6 Agrupación de las Tareas. Gammas y Rutas de Mantenimiento**

**2.3.6.1 Rutas diarias.** Las rutas diarias comprenden tareas de ejecución sencilla.

Principalmente, se enfocan en inspecciones visuales (identificar ruidos y vibraciones inusuales, verificar fugas visuales), mediciones (recopilar datos, supervisar parámetros específicos) y tareas menores de limpieza y lubricación. En su mayoría, estas tareas pueden llevarse a cabo sin interrumpir el funcionamiento de los equipos. En conjunto, forman la base de un sólido mantenimiento preventivo y permiten mantener la planta actualizada de manera eficiente. (Garcia Garrido, 2003)

**2.3.6.2 Rutas Semanales y Mensuales.** Las rutas semanales y mensuales involucran tareas más complejas que no requieren ser realizadas diariamente. En ocasiones, implican desmontajes, detenciones de equipos o toma de datos más minuciosas. Ejemplos son las limpiezas internas que requieren desmontar componentes específicos, o la medición del consumo de un motor (corriente eléctrica) en paneles de difícil acceso. Además, estas rutas incorporan labores que no son necesarias a diario, como el engrase. (Garcia Garrido, 2003)

**2.3.6.3 Gamas Anuales.** En ciertos casos, implican una revisión exhaustiva del equipo (reconstrucción completa), mientras que en otros consisten en una serie de tareas que no justifican realizarse con frecuencia mayor. Esto incluye acciones como el reemplazo de rodamientos, la limpieza interna de una bomba, la medición de espesores en depósitos o el balanceo de las aspas de un ventilador, entre otros ejemplos. Estas tareas siempre requieren detener el equipo durante varios días, por lo que es esencial analizar el momento más adecuado para llevarlas a cabo. (García Garrido, 2003)

**2.3.6.4 Organización de Paradas.** El análisis de equipos ejerce una influencia crucial en la planificación de las paradas. Las paradas son extensas revisiones que se ejecutan en ciertos equipos en momentos específicos del año, generalmente coincidiendo con los periodos vacacionales de verano o invierno. Muchas empresas concentran gran parte de su mantenimiento programado en estas fases, dejando el resto del año para abordar problemas emergentes. Sin embargo, estas paradas presentan desafíos:

- Se intentan realizar numerosas intervenciones en un período limitado.
- La planta recibe a personal no familiar, que puede carecer de competencias técnicas adecuadas para las tareas.
- Existe un aumento en el riesgo de accidentes.
- Estas operaciones conllevan un alto costo financiero.

En muchas empresas, el mantenimiento durante las paradas es esencial, ya que ciertos equipos no pueden detener su funcionamiento excepto en esos momentos específicos.

(García Garrido, 2003)

**2.3.6.5 Asignación de Prioridades.** Cuando ocurre un fallo, el personal a menudo está ocupado con otras tareas y tiene un nivel acumulado de trabajo. Por lo tanto, resulta crucial establecer un sistema que facilite la identificación de las averías más urgentes y que requieren atención prioritaria. (Garcia Garrido, 2003).

Los niveles de prioridad pueden variar ampliamente, pero en la mayoría de las empresas con sistemas de asignación de prioridades se definen al menos tres niveles:

**Averías Urgentes:** Estas deben ser abordadas de inmediato, sin demoras, debido a su potencial para causar daños significativos a la empresa.

**Averías Importantes:** Aunque generan trastornos en el funcionamiento normal de la planta, pueden esperar hasta que se resuelvan las averías urgentes.

**Averías Programables:** Puede ser conveniente esperar hasta una parada planificada del equipo, o el impacto que causan es mínimo y resulta más eficiente abordarlas junto con otras tareas relacionadas en el mismo equipo.

Diseñar un sistema de asignación de prioridades debe considerar la definición de estos niveles, además de tener en cuenta los siguientes aspectos. (Garcia Garrido, 2003)

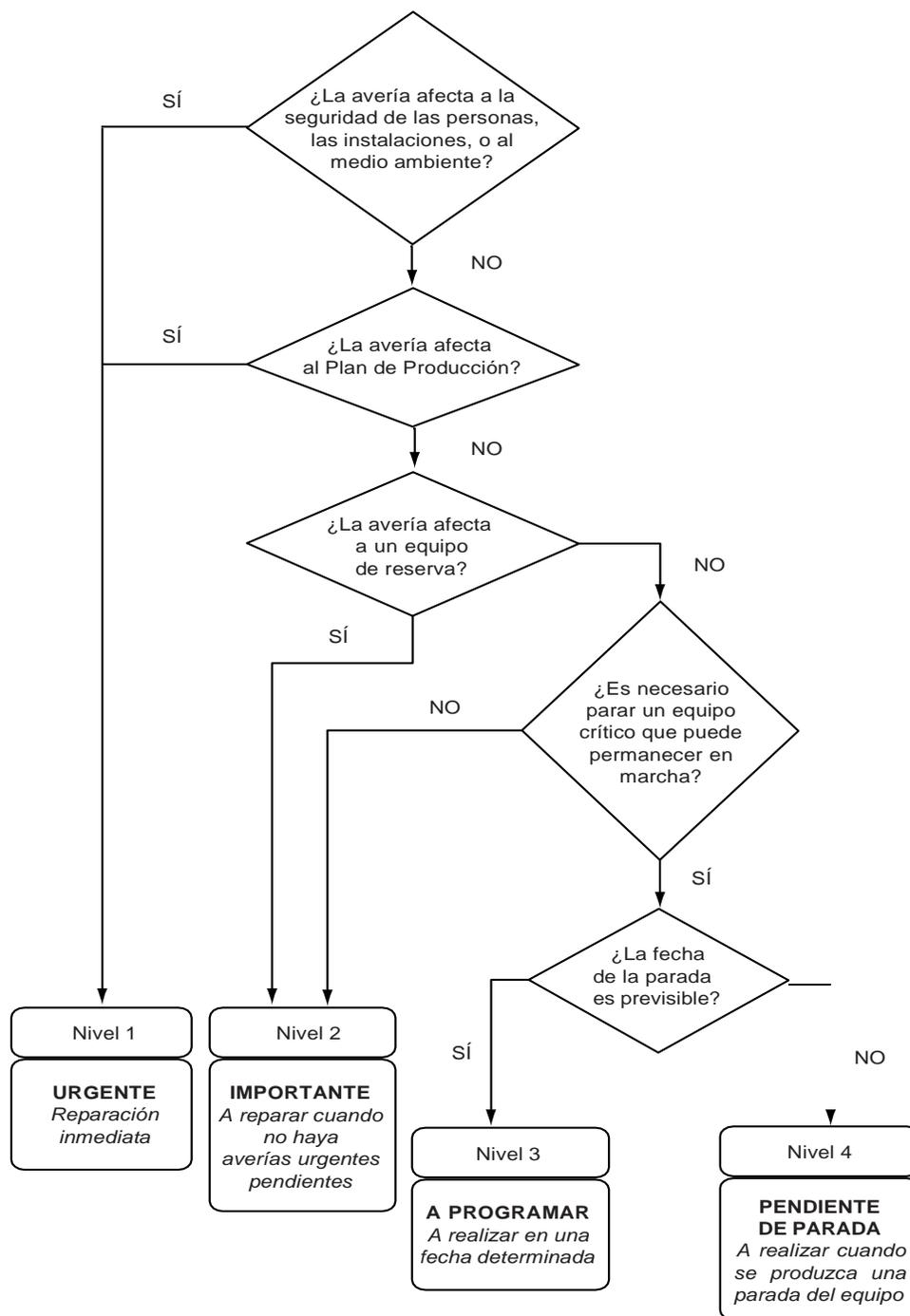


Figura 4. Asignación de prioridades (Diagrama de flujo)

### 2.3.7 *Causas de Fallos*

Cuando un equipo o una instalación falla, lo hace generalmente por uno de estos cuatro motivos:

**2.3.7.1 Fallos en el Material.** Se considera que se ha presentado un fallo en el material cuando, operando en condiciones adecuadas, una determinada pieza se vuelve incapaz de cumplir su función. Según la definición de (Garcia Garrido, 2003), un material puede fallar en diversas formas:

**Por Desgaste:** Sucede en componentes que pierden sus propiedades con el uso, ya que cada vez que se ponen en servicio, sufren una pequeña pérdida de material. Un ejemplo es el desgaste de los cojinetes antifricción.

**Por Rotura:** Ocurre cuando aplicamos fuerzas de compresión o tensión a una pieza, excediendo su límite elástico y causando su ruptura.

**Por Fatiga:** Algunas piezas están sometidas a cargas cíclicas de presión o tensión, donde la fuerza aplicada no es constante, sino que varía con el tiempo.

**2.3.7.2 Error Humano del Personal de Producción.** Otra causa potencial de averías es el error humano por parte del personal de producción. Según (García Garrido, 2003), estos errores pueden originarse a partir de:

- Malentendido de un indicador durante la operación normal del equipo, lo que lleva al operador a tomar una decisión errónea.
- Respuesta inapropiada frente a una falla de la máquina.
- Factores físicos personales del operador.
- Factores psicológicos, como la falta de motivación o problemas externos al trabajo, que pueden tener un gran impacto en la aparición de errores de operación.
- Ausencia de instrucciones claras y sistemáticas, como procedimientos o instrucciones técnicas, o su implementación insuficiente.
- Carencia de formación adecuada.

**2.3.7.3 Errores del Personal de Mantenimiento.** El equipo de mantenimiento también puede cometer errores que resulten en averías, paradas de producción o reducción del rendimiento de los equipos, tal como señala (García Garrido, 2003). Estos errores pueden surgir de las siguientes situaciones:

- Durante inspecciones o revisiones regulares, como observaciones incorrectas de los parámetros inspeccionados.
- Durante reparaciones, debido a diagnósticos erróneos o fallas en la reparación de la avería.

**2.3.7.4 Condiciones Externas Anómalas.** Cuando las condiciones externas difieren de las condiciones para las que se diseñó un equipo o instalación, pueden surgir fallos agravados por estas circunstancias anómalas. Esto ocurre con equipos que operan en ambientes con temperaturas, humedad o suciedad distintas a las previstas en su diseño. También puede afectar a equipos que funcionan con suministros específicos (electricidad, agua de enfriamiento, agua de alimentación, aire comprimido) que no cumplen con las especificaciones establecidas por el fabricante en el diseño. (Garcia Garrido, 2003)

### **2.3.8 *La importancia del manual de procedimientos***

Los manuales de procedimiento son una herramienta esencial para las organizaciones, ya que en ellos se detallan políticas, aspectos legales, procedimientos y controles que garantizan la ejecución eficaz y segura de las tareas. Estos manuales tienen la responsabilidad de mantener a los colaboradores bien informados sobre cómo llevar a cabo las tareas, evitando confusiones y reduciendo la posibilidad de cometer errores. Además, los manuales de procedimiento funcionan como un mecanismo de control y rendición de cuentas en relación con qué, cómo, cuándo y dónde se ejecutan ciertos trabajos (RISK).

Según (RISK) otros objetivos de los manuales de procedimiento:

- Informar a todo el personal sobre los objetivos, responsabilidades y políticas vinculadas a cada tarea.
- Establecer una forma de trabajo uniforme.

- Prevenir la duplicación de funciones y señalar omisiones.
- Identificar errores y sugerir mejoras en los procedimientos para una administración más eficiente.
- Facilitar la orientación de los nuevos colaboradores.
- Minimizar los esfuerzos y recursos requeridos.
- Servir como herramienta útil para auditores y supervisores de control interno.

### ***2.3.9 Cronograma de Actividades***

El cronograma, un componente fundamental de la fase de planificación, está constituido por el conjunto de tareas planificadas, cada una con su tiempo designado. Aparte de resaltar los aspectos técnicos y científicos relacionados con el propósito, debe detallar el enfoque de ejecución, los recursos necesarios, la duración temporal y el presupuesto asignado para las acciones. En este documento se presentan los componentes que conforman un cronograma, su descripción y las ventajas inherentes, así como los pasos esenciales para su creación, los símbolos empleados y las diversas categorías disponibles.. ((Productor), 2009).

**2.3.9.1 Beneficios del Cronograma de Actividades.** Según (Pérez, 2015) el procedimiento de planificación y creación de un calendario de tareas normalmente se desarrolla a través de cinco fases fundamentales, independientemente de la naturaleza o duración del proyecto:

- Establecer los objetivos y metas del proyecto.
- Definir con precisión todas las actividades a realizar.

- Determinar una secuencia lógica y coherente de las tareas planificadas.
- Establecer los plazos y responsables de cada tarea.
- Identificar los recursos necesarios para llevar a cabo cada actividad.

**2.3.9.2 Principales Ventajas de un Cronograma de Mantenimiento.** Según (Pérez, 2015), las principales ventajas son:

**Enfoque de Tareas:** La diferencia entre dirigir un grupo donde los miembros realizan diversas actividades y uno donde las labores están predefinidas es notable. La claridad en las funciones preestablecidas es la solución óptima para evitar la dispersión y la superposición de responsabilidades.

**Mejora de la Dirección y Supervisión:** Los cronogramas son especialmente valiosos para los líderes o responsables de proyectos. No solo proporcionan una vista global de los plazos y las etapas, sino que también facilitan el seguimiento de los procesos. Tomar decisiones se vuelve más sencillo con un cronograma en mano.

**Facilitación de Cambios:** La visión que brinda el cronograma a los líderes de proyectos es esencial para identificar posibles fallos u obstáculos. El objetivo es anticipar su aparición mediante estrategias que minimicen sus efectos y prevengan problemas mayores que podrían interrumpir el progreso.

**Aumento del Compromiso de los Participantes:** Al establecer plazos, los cronogramas presentan pequeños desafíos que los involucrados en los procesos se esfuerzan por cumplir. Está demostrado que fijar plazos específicos es la mejor manera de asegurar la realización de una tarea.

**Optimización del Uso de Recursos:** Un proyecto basado en la improvisación comienza sin tener una comprensión clara de los recursos necesarios en diversas etapas. Aquí entra en juego el cronograma: define las herramientas requeridas en cada momento y deja margen para posibles necesidades imprevistas. Esto se refleja en los presupuestos y el equilibrio de costos en general.

**2.3.10 Orden de trabajo.** Según (García Garrido, 2003), el Orden de Trabajo representa el documento mediante el cual el departamento de mantenimiento proporciona instrucciones al operario o al técnico encargado de la labor. Estas órdenes constituyen una fuente esencial de información en el ámbito del mantenimiento, ya que concentran los detalles más relevantes de cada intervención. En estas órdenes se incluyen, al menos, los siguientes elementos:

- Número de orden secuencial, permitiendo su identificación única.
- El equipo o instalación sujeto a la intervención.
- La tarea específica a realizar o el comportamiento erróneo de un equipo en funcionamiento.
- Las herramientas y materiales requeridos, si se encuentran previamente establecidos.

- Los posibles riesgos asociados al trabajo, las precauciones necesarias y el equipo de protección adecuado.
- La prioridad de la tarea.
- La fecha y hora de emisión de la orden.

En el entorno de una planta industrial, es de gran importancia definir quién tiene la facultad para generar una orden de trabajo, quién puede autorizar su ejecución, cómo se determina, cuándo debe llevarse a cabo y por parte de quién. Para tal fin, resulta esencial establecer de manera clara el flujo de la orden de trabajo, desde su origen hasta su finalización, delimitando las responsabilidades de cada individuo involucrado en el proceso. (García Garrido, 2003)

## 2.4 Marco Conceptual

**Mantenimiento:** El mantenimiento es un proceso destinado a asegurar que un elemento o unidad de producción continúe operando a su máximo rendimiento. En términos simples, implica una serie de acciones como reparaciones y actualizaciones, que previenen el deterioro del rendimiento de un activo de la empresa a lo largo del tiempo. Llevar a cabo un mantenimiento adecuado es esencial en todas las actividades económicas y requiere inversión por parte de la organización. Su importancia radica en prevenir fallas en el proceso productivo que podrían generar costos mayores. (Westreicher, 2020)

**Diseño:** Un diseño es el producto final de un proceso cuyo propósito es encontrar una solución adecuada a un problema específico, procurando que sea funcional y visualmente atractiva. Para lograr un diseño exitoso, se requiere la aplicación de diversos métodos y técnicas, plasmando ideas en bosquejos, dibujos, bocetos o esquemas. Estos diseños se utilizan como base para la producción, buscando lograr una apariencia óptima y distintiva. (Yirda, 2020)

**Aula Steam:** Un Aula STEAM es un entorno educativo diseñado para respaldar la enseñanza de disciplinas múltiples, incluyendo Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM en inglés), mediante un enfoque pedagógico y práctico. Este tipo de aula se basa en la utilización extensiva de las tecnologías modernas. En la actualidad, los entornos educativos demandan una conexión constante con el mundo que se encuentra fuera del aula. (tech, 2022)

**Industria 4.0:** La Industria 4.0 representa una nueva etapa en la revolución industrial, en la cual se fusionan técnicas avanzadas de producción y operaciones con tecnologías digitales inteligentes. Su objetivo es crear una empresa digital que no solo esté conectada e independiente, sino que también sea capaz de comunicarse, analizar y utilizar datos para impulsar decisiones inteligentes en el mundo físico. Este concepto abarca la integración de tecnologías como la robótica, el análisis de datos, la inteligencia artificial, las tecnologías cognitivas, la nanotecnología, la computación cuántica, dispositivos portátiles, el internet de las cosas, la fabricación aditiva y materiales avanzados.

Aunque sus raíces están en la fabricación, la Industria 4.0 va más allá de la producción. Las tecnologías inteligentes y conectadas tienen el potencial de transformar no solo la manera en que

se producen y utilizan piezas y productos, sino también la forma en que las organizaciones se estructuran. Esto incluye cómo interpretan la información y cómo toman medidas para lograr la excelencia operativa, mejorando continuamente la experiencia tanto de los consumidores como de los socios. (Zahera-Pérez, 2021)

**Técnica:** El término "técnica" deriva de la palabra griega "téchne", que se ha traducido al español como "arte" o "ciencia". Esta definición se aplica para describir un conjunto de acciones guiadas por normas o un protocolo particular que tiene como objetivo alcanzar un resultado específico en diversos ámbitos, ya sea científico, tecnológico, artístico u otros. En resumen, una técnica es una serie de procedimientos regulados y directrices utilizados como herramienta para lograr un objetivo determinado. (Julián Pérez Porto M. M., 2008)

**Manual de Usuario:** Un manual es una publicación que recoge los aspectos esenciales de un tema en particular. Actúa como una guía que aclara el funcionamiento de algo o proporciona educación ordenada y concisa sobre un tema específico. Por otro lado, un usuario es aquel que utiliza regularmente un producto o servicio y se beneficia de él. Estas publicaciones ofrecen las instrucciones necesarias para permitir a un usuario utilizar un producto o servicio específico. (Julián Pérez Porto A. G., 2010)

**Falla:** Un evento de imprevisto inherente a los sistemas de producción que impide su funcionamiento bajo condiciones preestablecidas se define como una interrupción. (GRUPOSIL, s.f.)

**Codificación Industrial:** La codificación industrial es el proceso de asignar una identificación única a cada equipo, producto, artículo o sistema dentro de una empresa. Esto no solo se aplica a elementos físicos tangibles, sino también a elementos intangibles como el software. También puede abarcar áreas funcionales como 'Líneas de Envasado de Botellas'. (González, 2021)

**Calidad:** Según Kaoru Ishikawa, la calidad total es el desarrollo, diseño, fabricación y mantenimiento de un producto de calidad. Este producto debe ser rentable, altamente funcional y continuamente satisfactorio para el consumidor final. (NUEVA ISO 9001:2015, 2016)

**Disponibilidad:** es la probabilidad de que un sistema de producción pueda llevar a cabo su función prevista en un momento específico, bajo condiciones predefinidas. (BSG institute, s.f.)

**Documentación técnica:** es un documento que contiene detalles sobre un campo de conocimiento específico, dispuestos de manera estructurada y presentados de forma efectiva para los lectores. (INGENIERIA Y DESARROLLO INTEGRALES, 2018)

**Vida útil:** se refiere al lapso en el cual un sistema de producción logra alcanzar un objetivo específico, manteniendo un costo aceptable para la organización. (Chacin, s.f.)

**Método de las 5S:** Denominado por la inicial correspondiente en japonés a cada una de sus cinco fases, este enfoque se originó en Toyota en 1960. Su intención es establecer una

disciplina que se arraigue con el tiempo, transformándose en una cultura y una práctica habitual.

La meta fundamental de este método es la creación de espacios de trabajo que sean permanentemente más organizados, ordenados y limpios, con el propósito de impulsar una productividad superior y un entorno laboral más satisfactorio. (Guerrero Quiroz, 2010)

## **2.5 Marco legal**

Guía técnica colombiana GTC 62 seguridad de funcionamiento y calidad de servicio. Mantenimiento. Terminología. Esta guía fue elaborada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC, para proporcionar un soporte legal en cuanto a la seguridad de funcionamiento y calidad de servicio en cuanto al mantenimiento y la terminología relacionada.

Código sustantivo del trabajo por el decreto de la ley 2663 del 5 de agosto de 1950 “sobre el código sustantivo del trabajo” publicado en el diario oficial N° 27407 del 9 de septiembre de 1950, en virtud del estado del sitio promulgado por el decreto extraordinario N° 3518 de 1949.

### 3 Diseño Metodológico

#### 3.1 Tipo de Investigación

El enfoque de este proyecto se centra en una investigación de carácter descriptivo, cuyo propósito es proporcionar ciertos atributos esenciales del fenómeno, proceso o situación en una circunstancia específica de tiempo y lugar. Según (Méndez, 1988) es factible realizar un estudio de nivel más profundo que el enfoque exploratorio, el cual tiene como objetivo definir con precisión los elementos que constituyen la problemática de la investigación. De esta manera, es viable reconocer las particularidades del ámbito de estudio, destacar las modalidades de comportamiento y actitudes presentes en la población investigada, determinar patrones de comportamiento específicos y verificar la relación entre las variables de interés en la investigación.

En este sentido, se tendrá como finalidad hacer frente a los problemas encontrados en el proyecto que hemos realizado un condicionamiento para poder implantar ciertas propiedades demográficas. Siendo así, para nosotros la investigación descriptiva acude a técnicas específicas la recolección de información, sobre el cual se tiene; La observación, las entrevistas, encuestas y cuestionario, todo lo definido anteriormente encaja con la proyección que se está manejando actualmente en nuestro trabajo investigativo.

## 3.2 Población y Muestra

### 3.2.1 Población.

La población objeto de estudio son los equipos tecnológicos del aula STEAM de industrias 4.0 ubicada en la universidad Francisco de paula Santander sede Cúcuta. La temática del ante proyecto tendrá como función exponer la necesidad de implementar el plan de mantenimiento preventivo, para un correcto desarrollo en las actividades académicas, con el fin de prolongar la vida útil de los equipos. Los equipos a los cuales se les diseñara el plan de mantenimiento preventivo son los siguientes:

Nombre del Equipo	Cantidad/ Equipo
Torno Proxxon	1
Fresa Proxxon	1
Impresora Smart Market	5
Kits IOT	3
Plantas a 9 voltios Fischertechnik	2
Plantas a 24 voltios Fischertechnik PLC	1
Modulos de Fabrica Inteligente Lucas Nülle	13
Estación de mantenimiento elevado Lucas Nülle	1
Robot KUKA	1
Mini Robots Openbotv V1 (Robotics)	6
Body Shop Fischertechnik	1
<b>TOTAL DE EQUIPOS</b>	<b>35</b>

Figura 5. Inventarios de los Equipos del Aula STEAM

### **3.2.2 Muestra**

La muestra está compuesta por los equipos tecnológicos que conforman el aula STEAM de industria 4.0, ya que el propósito de este anteproyecto es asignar un plan de mantenimiento a cada uno de los equipos con el objetivo de alargar su vida útil y prevenir fallos por uso excesivo o inadecuado. Para la obtención de esta muestra se llevarán a cabo entrevistas con el encargado del aula STEAM, para el análisis y documentación de la información suministrada nos apoyaremos en herramientas tecnológicas como Microsoft Word, Microsoft Excel. Estos programas ayudaran a la toma de decisiones.

## **3.3 Instrumentos de Recolección de Información**

### **3.3.1 Fuentes primarias**

La recolección de información para el estudio y análisis del mantenimiento de equipos del aula STEAM se realizará mediante observación directa de las actividades académicas de investigación desarrolladas en cada equipo.

### **3.3.2 Fuentes secundarias**

Las fuentes de información secundarias están compuestas por los normativos legales, proyecto de grado, libros de la biblioteca Eduardo Cote Lamus de la Universidad Francisco de Paula Santander, repositorios, bases de datos suscritas por la biblioteca, sitios web disponibles, al

igual que la asesoría de los ingenieros que dominan el tema de investigación de este anteproyecto.

### **3.4 Análisis de la Información**

Los datos proporcionados por la institución educativa y el departamento de procesos industriales serán organizados y categorizados con el fin de facilitar su análisis posterior. Para llevar a cabo esta tarea, se emplearán herramientas tecnológicas informáticas como Microsoft Word y Microsoft Excel. Estos programas desempeñarán un papel crucial en el proceso de toma de decisiones.

## **4 Análisis Y Resultados Del Plan De Mantenimiento**

### **4.1 Diagnóstico inicial del aula STEAM**

Para la realización del objetivo fue necesaria la intervención del encargado del aula STEAM el cual brindo asesoría del funcionamiento y condiciones de los equipos que componen el aula, que a su vez fue fundamental, para la comprensión del estado inicial de los equipos y la distribución del aula en general. Por lo tanto, se procedió a realizar una lista de chequeo la cual fue validada por el encargado del aula y posteriormente fue aplicada, a fin de determinar aquellos equipos que carecían de información. Con base a los datos recolectados en la lista de chequeo, se envió un correo a los proveedores de los equipos, solicitando los manuales faltantes de uso y mantenimiento de estos. Por otra parte, se realizó un análisis mediante un diagrama de Ishikawa, el cual se complementó con una matriz DOFA, determinando oportunidades de mejora y las posibles amenazas. Por último, se dimensiono y graficó el aula STEAM en un plano 2D y 3D a fin de visualizar el estado inicial de la distribución de los equipos.

#### **4.1.1 Resultado y análisis de la lista de chequeo.**

Para la recolección de la información de los equipos del aula STEAM fue necesaria la asesoría y autorización del encargado para revisar los componentes y manuales proporcionados por los fabricantes acerca de los equipos, con el fin de identificar el contenido de herramientas para el desarrollo del plan de mantenimiento. Para facilitar el análisis de la información se creó

una lista de chequeo ver anexo A, Según (González González & Jimeno Bernal, 2012) Las listas de chequeo son formatos de control, los cuales se crean para registrar actividades repetitivas y controlar el cumplimiento de una serie de requisitos o recolectar datos ordenadamente y de forma sistemática para su futuro análisis. Mediante la lista de chequeo se obtuvo la siguiente tabla 1:

*Tabla 1. Resumen Lista de chequeo.*

ÁREA DE USO		EQUIPOS			MANUAL DE USO		MANUAL DE MANTENIMIENTO	
TIPO	NOMBRE DE EQUIPO	MARCA	SI	NO	SI	NO		
DISEÑO DE PRODUCTOS (DP)	Torno	Proxxon	X		X			
	Fresa	Proxxon	X		X			
	Impresora 3D	Snapmaker	X				X	
SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS (SA)	Plantas a 9 voltios	Fischertechnik	X				X	
	Body Shop fischertechnik	Fischertechnik		X			X	
	Plantas a 24 voltios	Fischertechnik	X				X	
	Celdas de Simulación fabrica inteligente	Lucas Nüelle	X				X	
	Robot kuka	Lucas Nüelle		X			X	
	Mini Robots Openbotv	ROBOTICS 4.0		X			X	
	Kits IOT	Fischertechnik		X			X	

*Nota: La tabla refleja un resumen de la lista de chequeo. Elaboración propia.*

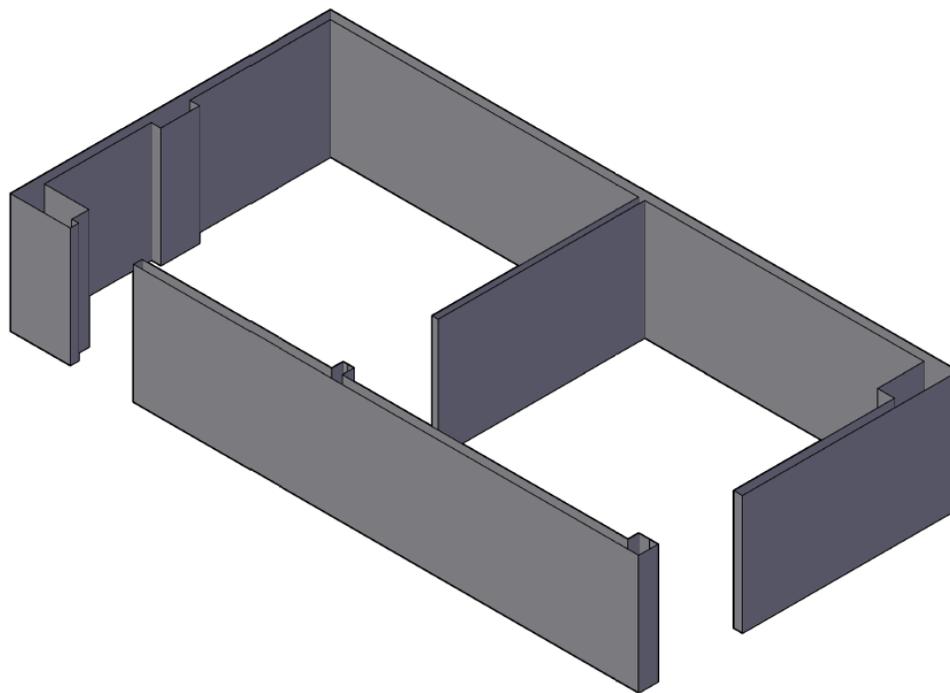
Al realizar la lista de chequeo, se evidencio la falta de información en cuanto a manuales de procedimientos brindada por parte de los fabricantes, por lo tanto, fue necesario realizar una solicitud a los proveedores a fin de contar con la información necesaria para establecer el plan de mantenimiento preventivo a cada equipo. Por otra parte, los equipos se encuentran segmentados por su tipo de función, por ejemplo, los equipos utilizados para la simulación y automatización de procesos (SA) entre los cuales se encuentra la fábrica inteligente. Asimismo, los equipos cuya

función es la elaboración de productos reciben el nombre diseño de productos y se identifican con la abreviatura (DP), entre los cuales se encuentran la fresadora, torno e impresora 3D.

#### 4.1.2 Distribución de los equipos en el aula STEAM.

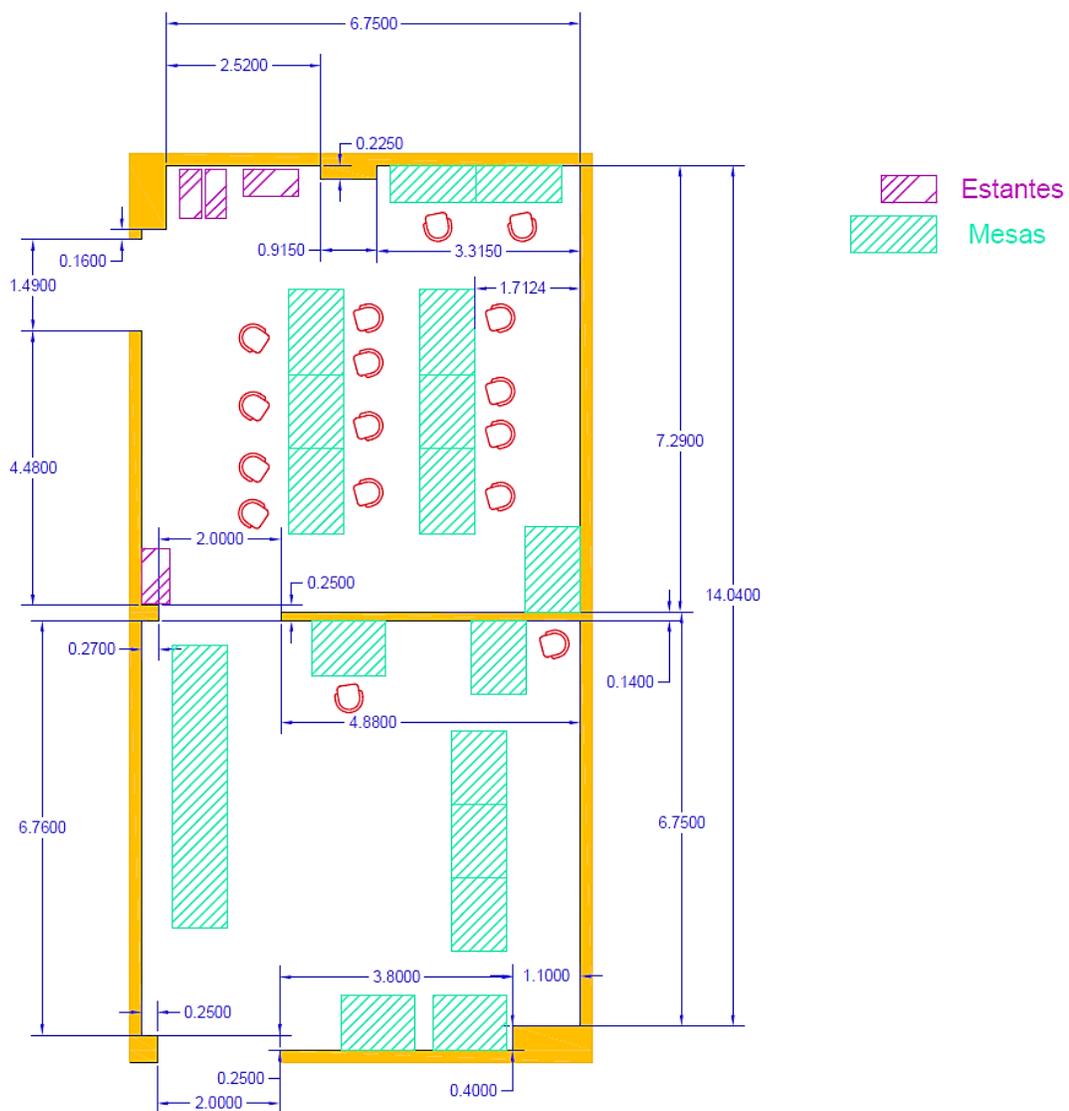
Al conocer la distribución inicial del aula se procedió a realizar un modelo 3D y 2D en AUTOCAD, a fin de brindar un apoyo visual que permita identificar la distribución de los equipos de simulación y automatización de procesos (SA) y de diseño de productos (DP).

*Figura 6. Plano 3D aula STEAM*



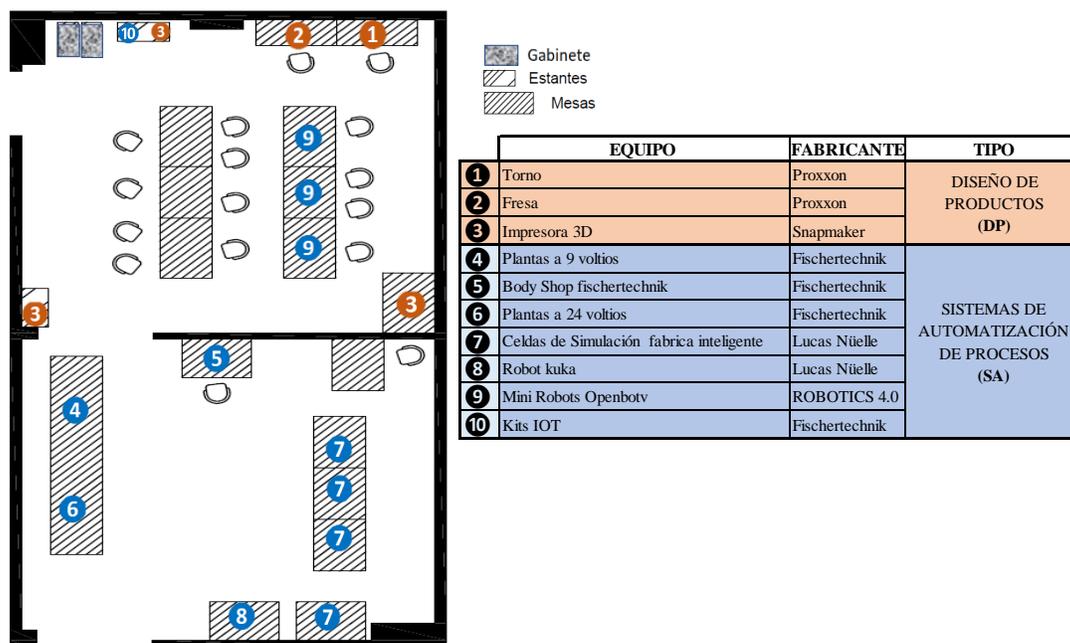
*Nota: La figura representa un modelo 3D del espacio destinado para el almacenamiento de los equipos objeto de estudio. Fuente. Elaboración propia*

Figura 7. Medidas y distribución de los equipos.



*Nota: La figura representa las medidas del aula STEAM en metros. Fuente. Elaboración propia.*

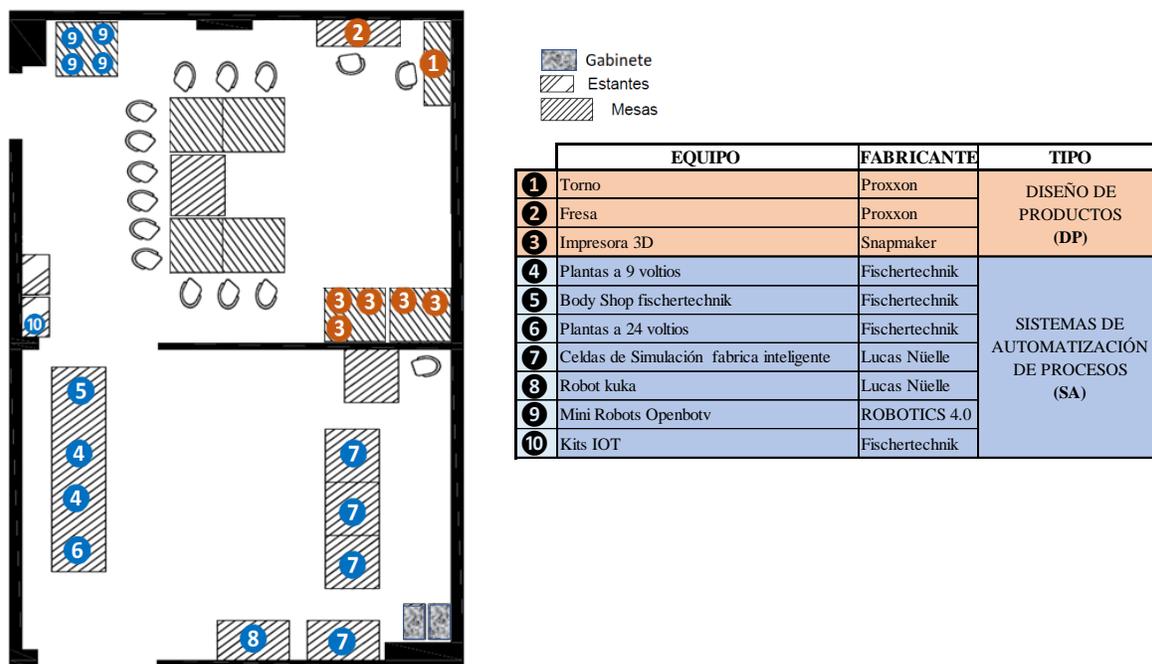
Figura 8. Distribución actual de los equipos del aula STEAM.



*Nota:* La figura representa la distribución y ubicación de los equipos de estudio al interior del aula STEAM. Fuente. Elaboración propia.

Al realizar el diagnóstico en cuanto al funcionamiento y estado de los equipos, se identificó que se encuentran en excelente condición, sin embargo, algunos equipos como la impresora 3D, KIT IOT y bandas transportadoras, se encuentran almacenados en estantes, por lo cual no se les ha dado uso ocasionando obsolescencia, Según (García Garrido, 2003) el desuso de los equipos puede generar deterioro en sus componentes, por lo cual pueden presentar averías que requieren de un mantenimiento correctivo el cual es más costoso y demorado. Por lo tanto, se evidencia la necesidad de redistribuir la ubicación de los equipos en el aula (ver FIGURA 9), debido a que, con la distribución inicial no es posible ubicar más equipos.

Figura 9. Redistribución de los equipos del aula



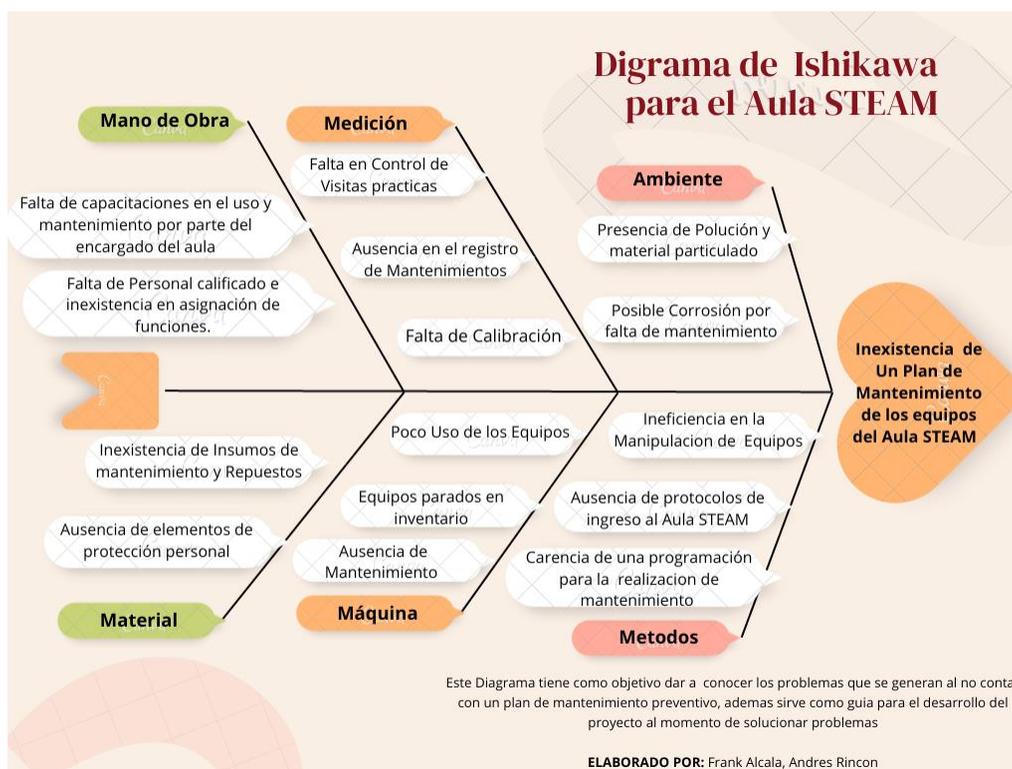
*Nota. En la figura muestra la distribución recomendada. Elaboración Propia*

En la figura anterior, se redistribuyó el aula STEAM formando una mesa redonda en la parte superior, donde genera un espacio adicional el cual permitió ubicar aquellas impresoras 3D que se encontraban almacenadas en los estantes en dos mesas en la esquina a la derecha, así mismo se ubicó en una nueva sección los mini robots optimizando el área que utilizaban. Además, se acomodó las mesas de los equipos proxxon en una forma de “L” la cual aprovecha la esquina de la columna del aula. Por otro lado, se desplazó los gabinetes y estantes a un lugar menos transitado dando campo a la zona asignada para los Openbotv. Y, por último, se agrupa el Body Shop junto a las plantas 9 voltios y 24 voltios, utilizando solo una línea, para la simulación de procesos logísticos.

### 4.1.3 Problemáticas que afectan la calidad de los equipos del aula STEAM.

Según (Técnicas, 2009 ) El Diagrama de Ishikawa es un método gráfico que se usa para efectuar un diagnóstico de las posibles causas que provocan ciertos efectos, los cuales pueden ser controlables. Esta herramienta se utilizó para diagnosticar correctamente la situación actual de los equipos del aula STEAM, puesto que su uso facilitó la recolección de datos y la distinción, organización, comparación y clasificación de causas, proporcionando una mejor visualización del problema, a continuación, se presenta el diagrama de Ishikawa enfocado en el plan de mantenimiento para los equipos ver figura 10.

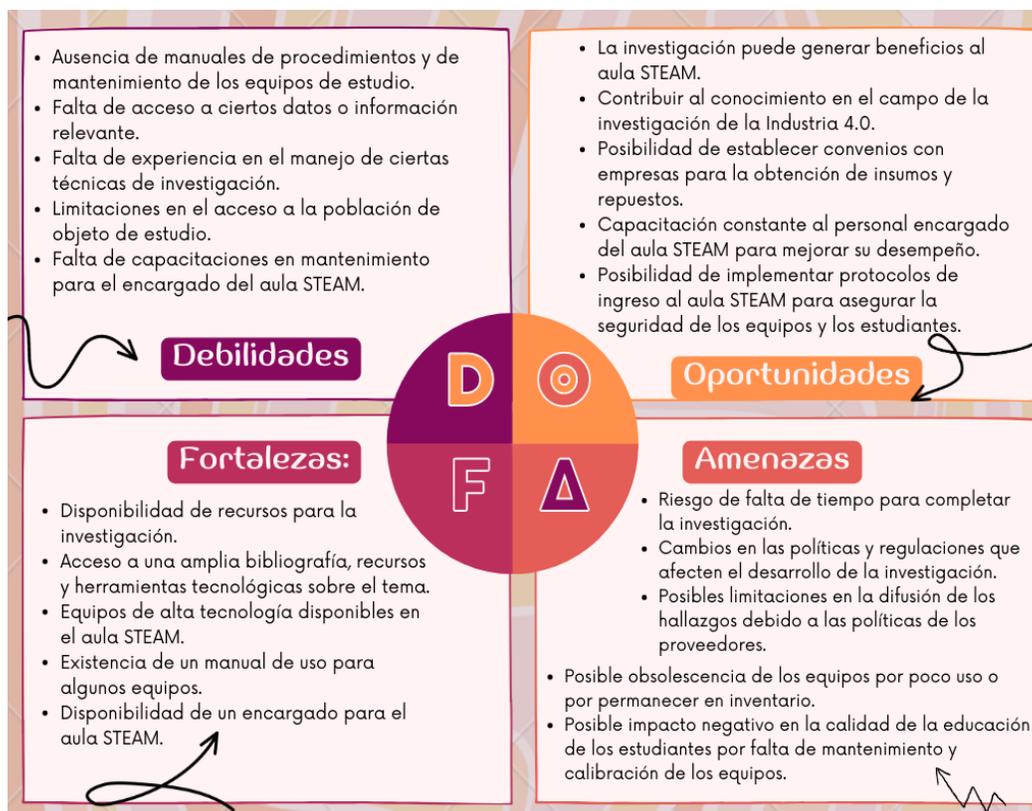
Figura 10. Diagrama de Ishikawa.



*Nota: La figura presenta un resumen del diagnóstico inicial mediante el uso de un diagrama de Ishikawa. Fuente. Elaboración propia.*

Al realizar el diagrama de Ishikawa se ve la necesidad de crear estrategias que permitan solucionar el problema causado por la ausencia de un plan de mantenimiento, para ello se implementó una matriz DOFA con el fin de complementar el diagnóstico realizado en el diagrama de Ishikawa. Según (Técnicas, 2009 ) el análisis DOFA es una herramienta empleada en la planificación estratégica, la cual permite trabajar con toda la información que se posee sobre una organización determinada. Esta define las fortalezas, debilidades, oportunidades y las amenazas. En síntesis, con esta herramienta analizamos las interacciones entre lo bueno y lo malo que aborda el proyecto ver figura 11.

Figura 11. Matriz DOFA.



*Nota:* La figura consolida el aporte del diagrama de Ishikawa, mediante el análisis interno y externo del diagnóstico inicial. Fuente. Elaboración propia.

Al realizar la matriz DOFA se obtiene que el plan de mantenimiento será un beneficio para conservar la calidad de los equipos y seguir brindando un servicio académico de excelencia, preparando a la nueva generación de ingenieros industriales en el campo de la industria 4.0, a fin de brindar profesionales más competitivos que aporten soluciones a las problemáticas que se presentan mediante la simulación. Por otra parte, el plan de mantenimiento puede llegar a retrasarse, debido a la inexistencia de los manuales faltantes y la falta de colaboración por parte de los proveedores de los equipos del aula STEAM, por consiguiente, al seguir funcionando el aula sin un plan de mantenimiento, se pueden presentar fallos en los equipos ocasionados por uso inadecuado, afectando la calidad del servicio académico debido a la suspensión de las actividades que se desarrollan en el aula, por lo tanto, sería necesario un mantenimiento correctivo, el cual sería más costoso y demorado.

#### **4.2 Análisis de los equipos que permita identificar su funcionalidad y procedimientos utilizando lista de equipos, codificación y una ficha técnica.**

Una vez analizada la codificación asignada por la universidad de los equipos del aula STEAM, se identifica que es complicado abordar un plan de mantenimiento con dichos códigos, para facilitar la distinguir en el interior del aula, se diseñó una codificación alfanumérica que resume el área de función del equipo nombre marca y la cantidad de la referencia. Al tener una codificación acorde se procedió a especificar en una ficha técnica la información general y específica de cada uno de la maquinas del laboratorio, así mismo se encuentra que función cumple y los componentes fundamentales de los equipos.

#### 4.2.1 Lista de equipos del aula STEAM

Al inspeccionar los equipos del aula STEAM, se encuentre una identificación asignada por la universidad a los equipos y a sus accesorios, a continuación, en la *Figura 11*, se refleja el código asignado por la institución, así mismo, se encuentra segmento por dos áreas de acuerdo a su función dentro del aula y del mismo modo, se le adicione el proveedor del equipo para precisar su origen.

*Figura 12. Lista de equipos*

LISTA DE EQUIPOS			
AREA	EQUIPO		
	CODIGO UFPS	NOMBRE DE EQUIPO	MARCA
DISEÑO DE PRODUCTOS (DP)	5223	Torno	Proxxon
	5560	Fresa	Proxxon
	800121102700073	Impresora 3D	Snapmaker
	800121102700074	Impresora 3D	Snapmaker
	800121102700075	Impresora 3D	Snapmaker
	800121102700076	Impresora 3D	Snapmaker
	800121102700077	Impresora 3D	Snapmaker
SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS (SA)	16550939800100	Kits IOT	Fischertechnik
	16550939800200	Kits IOT	Fischertechnik
	16550939800300	Kits IOT	Fischertechnik
	16550939900100	Plantas a 9 voltios	Fischertechnik
	16550939900200	Plantas a 9 voltios	Fischertechnik
	16550939900300	Body Shop fischertechnik	Fischertechnik
	16550940000100	Plantas a 24 voltios	Fischertechnik
	16600183703100	IMS 3 Separación	Lucas Nüelle
	16600183703200	IMS 3 Separación	Lucas Nüelle
	16600183703300	IMS 4 Montaje	Lucas Nüelle
	16600183703400	IMS 4 Montaje	Lucas Nüelle
	16600183703500	IMS 5 Procesamiento	Lucas Nüelle
	16600183703600	IMS 5 Procesamiento	Lucas Nüelle
	16600183703700	IMS 7 Manipulación	Lucas Nüelle
	16600183703800	IMS 1.5 Sistema de transporte ciber fisico	Lucas Nüelle
	16550939200100	IMS 6 Verificación	Lucas Nüelle
	16550938100100	Modulo 1 Mando de Control	Lucas Nüelle
	16550938200100	Modulo 2 Mando de Control	Lucas Nüelle
	16550938300100	Modulo 3 Mando de Control	Lucas Nüelle
	16550939300100	Modulo 4 Mando de Control	Lucas Nüelle
	16600183703200	IMS 8 Almacenamiento	Lucas Nüelle
	16600185000100	Soporte de Robot kuka	Lucas Nüelle
	16600185000101	Brazo hidraulico de Robot kuka	Lucas Nüelle
	16600185000125	Mini Robots Openbotv V1	ROBOTICS 4.0
	16600185000126	Mini Robots Openbotv V2	ROBOTICS 4.0
	16600185000127	Mini Robots Openbotv V3	ROBOTICS 4.0
16600185000128	Mini Robots Openbotv V4	ROBOTICS 4.0	
16600185000129	Mini Robots Openbotv V5	ROBOTICS 4.0	
16600185000130	Mini Robots Openbotv V6	ROBOTICS 4.0	

*Nota. La figura visualización la codificación por la universidad. Fuente. Elaboración Propia*

#### 4.2.2 Codificación de los equipos del aula STEAM

Al conocer los equipos de estudio y el área de distribución, se procede a crear una nomenclatura alfanumérica a fin de facilitar la identificación de los equipos, debido a que es fundamental diferenciar los equipos de una misma referencia al momento de invertirlos en el plan de mantenimiento, por tal motivo se diseñó una nomenclatura que se compone por 4 caracteres, los cuales indican lo siguiente:

**Carácter 1.** Hace referencia al área de función del equipo, estas áreas son las siguientes:

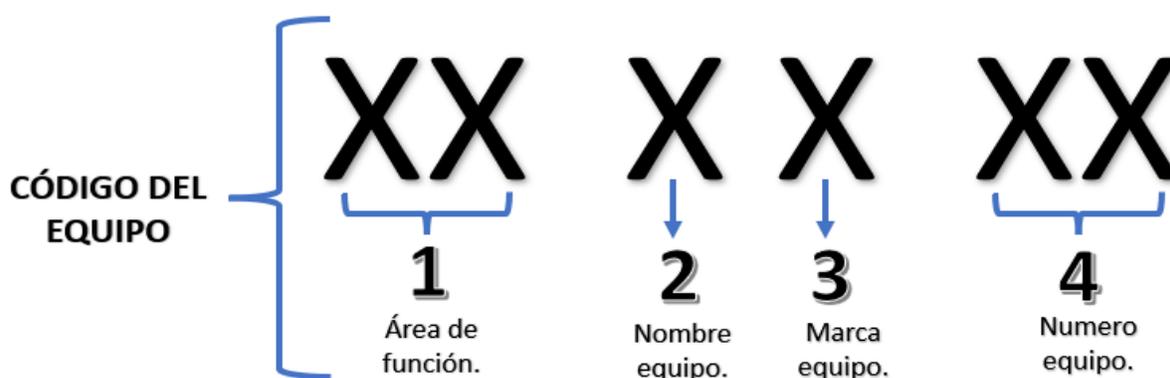
- Diseño de productos (DP)- Sistemas de automatización de procesos (SA).

**Carácter 2.** Hace referencia a la primera letra del nombre del equipo.

**Carácter 3.** Hace referencia a la marca del equipo.

**Carácter 4.** Indica el número de equipos de una misma referencia.

*Figura 13. Codificación de los equipos*



*Nota:* La figura hace referencia a la codificación implementada en el presente plan de mantenimiento preventivo.

Al conocer la codificación implementada, se procedió a crear el código para cada equipo, dichos códigos se encuentran en la siguiente TABLA 2:

Tabla 2. Codificación de los equipos

<b>CODIFICACION DE LOS EQUIPOS DEL AULA STEAM</b>			
<b>AREA</b>	<b>CODIGO DE EQUIPO</b>	<b>NOMBRE DE EQUIPO</b>	<b>MARCA</b>
<b>DISEÑO DE PRODUCTOS (DP)</b>	DP TP 01	Torno	Proxxon
	DP FP 01	Fresa	Proxxon
	DP IS 01	Impresora 3D	Snapmaker
	DP IS 02	Impresora 3D	Snapmaker
	DP IS 03	Impresora 3D	Snapmaker
	DP IS 04	Impresora 3D	Snapmaker
	DP IS 05	Impresora 3D	Snapmaker
<b>SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS (SA)</b>	SA KF 01	Kits IOT	Fischertechnik
	SA KF 02	Kits IOT	Fischertechnik
	SA KF 03	Kits IOT	Fischertechnik
	SA PF 01	Plantas a 9 voltios	Fischertechnik
	SA PF 02	Plantas a 9 voltios	Fischertechnik
	SA BF 01	Body Shop Fischertechnik	Fischertechnik
	SA EF 01	Plantas a 24 voltios	Fischertechnik
	SA MN 01	IMS 3 Separación	Lucas Nüelle
	SA MN 02	IMS 3 Separación	Lucas Nüelle
	SA MN 03	IMS 4 Montaje	Lucas Nüelle
	SA MN 04	IMS 4 Montaje	Lucas Nüelle
	SA MN 05	IMS 5 Procesamiento	Lucas Nüelle
	SA MN 06	IMS 5 Procesamiento	Lucas Nüelle
	SA MN 07	IMS 7 Manipulación	Lucas Nüelle
	SA MN 08	IMS 1.5 Sistema de transporte ciber físico	Lucas Nüelle
	SA MN 09	IMS 6 Verificación	Lucas Nüelle
	SA CN 01	Módulo 1 Mando de Control	Lucas Nüelle
	SA CN 02	Módulo 2 Mando de Control	Lucas Nüelle
	SA CN 03	Módulo 3 Mando de Control	Lucas Nüelle
	SA CN 04	Módulo 4 Mando de Control	Lucas Nüelle
SA EN 01	IMS 8 Almacenamiento	Lucas Nüelle	
SA SK 01	Soporte de Robot KUKA	Lucas Nüelle	
SA BK 01	Brazo hidráulico de Robot KUKA	Lucas Nüelle	

	SA MR 01	Mini Robots Openbotv V1	ROBOTICS 4.0
	SA MR 02	Mini Robots Openbotv V2	ROBOTICS 4.0
	SA MR 03	Mini Robots Openbotv V3	ROBOTICS 4.0
	SA MR 04	Mini Robots Openbotv V4	ROBOTICS 4.0
	SA MR 05	Mini Robots Openbotv V5	ROBOTICS 4.0
	SA MR 06	Mini Robots Openbotv V6	ROBOTICS 4.0

*Nota: la tabla presenta la codificación de los equipos objeto de estudio.*

#### **4.2.3 Ficha técnica de los equipos.**

Para el diseño de las fichas técnicas, se consultó un formato para resumir las especificaciones mecánicas, eléctricas, hidráulicas, componentes, funcionamiento y las características técnicas y generales de los equipos del aula STEAM para los cuales se investigó fuentes de Internet y se recopiló información de documentos institucionales. Por lo tanto, en este formato se adjunta información física y complementaria como los es, el origen, el código interno, su ubicación, marca, modelo y dimensiones. A continuación, se observa un ejemplo un diseño de la ficha técnica en blanco FIGURA 14, asimismo el anexo 1 contiene el desarrollo del formato para cada equipo.

Figura 14. Formato Ficha Técnica

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER		 <b>Universidad Francisco de Paula Santander</b> Vigilada Mineducación	
<b>FICHA TECNICA</b>			
<b>INFORMACIÓN GENERAL DEL EQUIPO</b>			
<b>Equipo</b>			
<b>Sección</b>			
<b>Código</b>			
<b>Uso</b>			
<b>Marca</b>			
<b>Modelo</b>			
<b>Fabricante</b>			
<b>Dimensiones</b>			
<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>			
<b>VOLTAJE</b>	<b>AMPERAJE</b>	<b>POTENCIA</b>	
<b>FUNCIONAMIENTO</b>		<b>PARTES DEL EQUIPO</b>	
<b>Equipo Mecánico</b>	<b>Equipo Electrico</b>	<b>Equipo de Instrumentación</b>	
<b>Observaciones</b>			

*Nota. Se visualiza a detalle el formato de una ficha técnica que se empleara para el presente proyecto. Fuente. Elaboración propia*

### **4.3 Diseñar cronograma de mantenimiento en los equipos según las especificaciones técnicas de los fabricantes mediante la determinación de gamas y rutas.**

En los capítulos anteriores, se recolecto información brindada por lo fabricantes y así mismo en la base de datos de la universidad, por el cual se encontró aquellas actividades relacionada al mantenimiento preventivo por equipo, por lo tanto, fue necesario crear un formato que visualizara un soporte de cuidado al encargado del aula, donde reflejara aquellas actividades de verificación, de inspección, limpieza, entre otros.

#### **4.3.1 Gamas y rutas para mantenimiento de los equipos**

Al conocerlas detalladamente la información relacionada con los mantenimientos de los equipos. El siguiente documento plantea una lista de acciones donde especifica actividades de verificación, chequeo o inspección, asimismo, de limpieza y lubricación, o ajustes y/o cambios mediante días de trabajo durante un periodo semestral académico para monitorear los estados del equipo y de tal forma intervenir previamente los sistemas y verificar su funcionamiento cumpliendo con el objetivo de preservar la vida de los equipos. De esta forma se contemplan las especificaciones otorgadas por los fabricantes y las bases de datos. A continuación, se muestra un formato en blanco de ejemplo de la hoja de vida ver figura 15, asimismo el anexo 1 contiene el desarrollo del formato para cada equipo. Además, la figura 16 muestra la abreviatura de las frecuencias manejada por cada actividad en las gamas y rutas.

Figura 15. Formato Gamas y Rutas

	LISTA DE ACCIONES DE MANTENIMIENTO (NOMBRE DEL EQUIPO)															
	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4			
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
<b>Verificar/Chequear/Inspeccionar</b>																
<b>Limpia/Lubricar</b>																
<b>Ajuste / Cambios</b>																
<b>Observaciones</b>																

Fuente. Elaboración propia

Figura 16. Tabla de abreviaturas – Frecuencia

Tabla de abreviaturas - Frecuencias	
7/7	A diario
1/7	1 vez por semana
1/1	1 vez por mes

Fuente. Elaboración propia

#### **4.4 Diseño de un plan de mantenimiento a los equipos del aula STEAM para alargar su vida útil, usando los manuales de procedimientos y sus respectivas ordenes de trabajo.**

Al determinar los procesos de mantenimiento preventivo por equipo, se identificó la necesidad de guardar un soporte de aquellas actividades académicas que den lugar en el aula STEAM, esto a fin de abordar oportunamente de ciertas novedades en cuanto al funcionamiento de los equipos, por ello se diseña un formato de inspección rutinario el cual debe diligenciar el docente y el encargado del aula antes y después de las actividades desarrolladas. Asimismo, se diseñó una hoja de vida donde se le asignó a cada equipo, con el fin, de contar con un registro general de los mantenimientos realizados, permitiendo mantener un control que asegure un óptimo funcionamiento del aula durante el semestre académico. Llegado el caso, se originen averías que afecten el funcionamiento, aunque sea después de una actividad académica o por una inspección rutinaria estando el aula en reposo, es necesario solicitar una intervención de mantenimiento al departamento de procesos industriales, por medio de un orden de trabajo donde da soporte para la actividad a desarrollar y los recursos necesarios para su ejecución. Por otro lado, se resumió la información relacionada con los equipos, diseñando un manual de mantenimiento donde agrupa todo el contenido del presente proyecto.

##### **4.4.1 Lista de chequeo rutinario.**

La lista de chequeo rutinario es un documento planeado y enfocado en procesos para monitorear antes y después las actividades que se van a ejercer en los equipos, por el cual da las pautas principales con el fin de realizar la rutina de inspecciones de forma organizada con la

finalidad de determinar las condiciones generales iniciales de los componentes y verificar las condiciones finales. El documento tiene como objetivo, dejar soporte de aquellas novedades que se lleguen a presentar en los equipos en llegado caso ocurra un imprevisto y lograr una intervención oportuna. Cabe aclarar que los responsables de diligenciar el formato son el docente que solicita el aula y el encargado que supervisa el proceso académico brindado. A continuación, se muestra un formato en blanco de ejemplo de la hoja de vida ver FIGURA 17, asimismo el anexo 1 contiene el desarrollo del formato para cada equipo.

#### **4.4.2 Hoja de vida de los equipos.**

Este formato permite registrar el historial de actividades cuidado de cada equipo del aula STEAM, por lo que se diseñó una hoja de vida para cada uno. El formato contiene información general y el historial de reparaciones, asimismo en esta sección, es necesario indicar el tipo de mantenimiento a desarrollar, qué se está desarrollando, en qué fecha, quién es el encargado y adicionalmente, añadir los costos relacionados con los insumos, repuestos o componentes externos para llevar a cabo el proceso de mantenimiento. A continuación, se muestra un formato en blanco de ejemplo de la hoja de vida ver FIGURA 18, asimismo el anexo 1 contiene el desarrollo del formato para cada equipo.

Figura 17. Formato de lista de chequeo rutinario

LABORATORIO AULA STEAM		 <b>Universidad Francisco de Paula Santander</b> <small>Vigilada Mineducación</small>		
LISTA DE CHEQUEO RUTINARIO				
<b>AREA:</b> DISEÑO DE PRODUCTOS <input type="checkbox"/> SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS <input type="checkbox"/>		<b>NOMBRE EQUIPO:</b> _____ <b>CODIGO:</b> _____		<b>FECHA</b> DIA    MES    AÑO <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
<b>ASIGNADO A:</b> Docente				
ACTIVIDAD A SEGUIR	ESTADO			OBSERVACIONES
	EXCELENTE	REGULAR	PESIMO	
El equipo se encuentra limpio sin presencia de viruta, polucion y algun tipo de residuo de lubricante o humedad.				
Verifica si el equipo esta estable en la base donde se encuentra.				
Inspeccionar si el equipo enciende y revisar la presencia de tornillos sueltos y el cableado general.				
Se encuentra los materiales o insumos asignado para la realizacion de actividades del equipo.				
Examinar la existencia rupturas, grietas, fisura o corrosión en los equipos.				
<b>ASIGNADO A:</b> Encargado del laboratorio STEAM				
ACTIVIDAD A SEGUIR	ESTADO			OBSERVACIONES
	EXCELENTE	REGULAR	PESIMO	
El equipo se encuentra limpio sin presencia de viruta, polucion y algun tipo de residuo de lubricante o humedad.				
Inspeccionar si el equipo se encuentra apagado y revisar la presencia de tornillos sueltos y el cableado general.				
Se encuentran completos los accesorios e insumos que se otorgaron para el desarrollo academico.				
Examinar la existencia rupturas, grietas, fisura o corrosión en los equipos.				
FIRMA DE LOS RESPONSABLES				
_____ Docente		_____ Encargado del laboratio		
Nombre		Nombre		
C.C. No.:		C.C. No.:		

Fuente. Elaboración propia

Figura 18. Formato hoja de vida

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER		 <b>Universidad Francisco de Paula Santander</b> <small>Vigilada Mineducación</small>			
HOJA DE VIDA N°1					
<b>INFORMACIÓN DEL EQUIPO</b>					
<b>Nombre del Equipo</b>		<b>Código</b>		<b>Ubicación</b>	
<b>Marca</b>		<b>Modelo</b>		<b>Proveedor</b>	
<b>HISTORIAL DE REPARACIONES</b>					
<b>Fecha</b>	<b>Tipo de Mantenimiento</b>	<b>Orden de Trabajo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Encargado</b>	<b>costo</b>

*Fuente. Elaboración propia*

#### 4.4.3 Orden de trabajo.

El formato de órdenes de trabajo se implementa con el fin de solicitar autorización al departamento de procesos industriales, para intervenir los equipos que requieran un mantenimiento. Una vez aprobada la solicitud de ejecución del servicio por el departamento, se recomienda programar con antelación la orden de trabajo para no afectar desarrollo del cronograma académico y asimismo en el encargado del aula tiene el deber supervisar en todo momento dicha actividad, teniendo el control de quien interviene en los equipos y debidamente, evaluar el servicio del mantenimiento. Cabe aclarar que cada orden de trabajo contara con un consecutivo que iniciara desde el momento en que el siguiente proyecto sea aprobado.

El formato de orden de trabajo estará compuesto por la información general del equipo, una descripción específica del servicio de mantenimiento, aquellos recursos necesarios y los

costos de dicho proceso, adicionalmente, deben cumplirse con las recomendaciones de seguridad descritas en el formato. Finaliza, con la evaluación con la evaluación del encargado del aula STEAM del servicio prestado. Este documento debe ser archivado para tener un soporte y alimentar la hoja de vida el equipo, mantenimiento un control detallado de información de las reparaciones dentro del laboratorio. A continuación, se muestra un formato en blanco de ejemplo de la orden de trabajo ver figura 19.

#### **4.4.4 Manual de mantenimiento para los equipos.**

Se diseñó un manual de mantenimiento preventivo para los equipos del aula STEAM, a fin de brindar un soporte, que se fue desarrollando en el presente proyecto. En este documento, se hace conocer los deberes de los estudiantes, los docentes y el encargado, asimismo, recopila información general y específico de los equipos, la gama y rutas, acompañado con formatos como son las hojas de vida, orden de trabajo y la lista de chequeo rutinario, con la finalidad de tomar decisiones oportunas alargo la vida útil de los equipos. Se encuentra en el anexo 2.

Figura 19. Formato Orden de trabajo

LABORATORIO STEAM		 <b>Universidad Francisco de Paula Santander</b> <small>Vigilada Mineducación</small>			
ORDEN DE TRABAJO MANTENIMIENTO PREVENTIVO					
N° Orden:		Fecha de Emisión:			
Requerido por:		Aprobado por:			
Equipo:		Código de Equipo:			
Ubicación:		Tipo de Actividad:			
Especialidad:					
SERVICIO A REALIZAR					
Descripción de la avería:					
Fecha Prevista:		Plazo de la intervención en Días:			
Responsable:		Telefono:			
Correo electronico :					
RECURSOS					
Material, Maquinaria y Herramientas		Cant. Elementos	Unidad de Medida	Costo Unitario	Total costo
Horas-Hombre Estimadas	Horas-Hombre Reales	Cantidad Personal	Costo Unitario	Total Costo	Observacion
RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD					
<b>1. ANTES DE INICIAR LA EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO:</b> 1.1 Solicitar los permisos de trabajos pendientes. 1.2 Desactivar alimentación eléctrica del equipo. 1.3 Bloquear el paso con avisos y marcaciones al área en la cual se llevara a cabo el mantenimiento. 1.4 Utilizar los equipos de seguridad y protección personal apropiados para la actividad de mantenimiento.					
<b>2. DESPUES DE LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO ASEGURE QUE:</b> 2.1 Sean retirados quimicos como lubricantes, solventes, entre otros. Por otra parte, resguarde los mismos en un lugar apropiado. 2.2 El equipo o instalación quede libre de fragmentos o residuos de metal, pintura, oxido, entre otros. 2.3 Todas las herramientas sean retiradas del área. 2.4 El equipo o instalación quede limpio.					
EVALUACIÓN DEL SERVICIO					
Evaluación del servicio por:				Fecha de evaluación:	
Plenamente Atendido ( )		Provisionalmente Atendido ( )		Reprogramación ( )	
Fuera del Plazo ( )					
Ejecutante:	Supervisor:	Inicio Mantenimiento:	Terminación Mantenimiento:		
Observaciones:					

Fuente. Elaboración propia

## Conclusiones

Se pudo constatar en la lista de chequeo inicial que la mayoría de los equipos en el aula carecían de un manual de mantenimiento. De manera similar, la mayoría no contaba con manuales de uso o instalación, se revela una falta de recursos informativos para el adecuado mantenimiento y prolongación de la vida útil de las máquinas en el laboratorio.

Al llevar a cabo la caracterización de la disposición actual de los equipos en el aula y el espacio ocupado por cada uno, se ha observado que en el empleo habitual del salón se subutiliza zonas de trabajo que se puede usar de manera provechosa. Además, se hace constatar la presencia de máquinas en estado de ocio o almacenadas desde su adquisición, así como la ocupación de áreas importantes dentro del laboratorio por gabinetes. Por lo tanto, se considera necesario realizar una reorganización que permita ubicar aquellos objetos no esenciales en zonas de menor tránsito, al mismo tiempo que posibilite la inclusión de las impresoras 3D que estaban guardadas y la agrupación de las plantas de procesos logísticos en una ubicación específica.

Al realizar el diagnóstico, se cuantifica 10 familias de equipos, los cuales en total son 36 equipos dentro del aula STEAM, estos se agrupan en dos funciones, los Diseños De Producto donde se encuentra el torno, la fresa y la impresora, por otro lado, esta los equipos de Sistema de Automatización de proceso, donde se encuentra, la fábrica inteligente, las plantas de 9 y 24 voltios, entre otros. Dentro la institución, se maneja un código interno, en el cual es muy extenso y difícil de entender, por lo tanto, se emplea una codificación alfanumérica, identificando cada equipo, con su respectiva función, nombre, marca y cantidad.

Al contar con la codificación interna se logra diferenciar cada equipo, dando lugar a la creación de un formato de ficha técnica, en donde se resalta la información general y específica por equipo, como lo es el funcionamiento, componentes fundamentales, así como las principales

observaciones de cuidado. Este formato brinda un soporte documental en cuanto a descripción detallada por equipo dando lugar a un control por parte del encargado del aula.

Con la información recolectada, se procede a la creación de un formato de gamas y rutas de mantenimiento preventivo que integra la información de los equipos y aquellas actividades como lo son inspección visual, limpieza y lubricación, así como aquellos cambios y ajuste de componentes. Proporcionando al encargado del aula una lista de acciones programadas de forma diaria, semanal o mensual en un periodo semestral académico.

Para tener un control diario detallado de las actividades académicas e identificar en el momento oportuno aquellos equipos que requieren una intervención preventiva, se diseñó un formato de inspección diario, el cual indica aquellas actividades de verificación del correcto funcionamiento de los equipos. De tal forma, si se presenta un fallo se procederá a solicitar una intervención de mantenimiento al departamento de procesos industriales, mediante el formato de orden de trabajo con el objetivo de dar pronta solución al imprevisto. Para finalizar, se guardará un registro detallado de aquellas actividades de mantenimiento en el formato hoja de vida el cual brindará información de soporte sobre la vida de los equipos en el aula STEAM.

Se simplifica el contenido del proyecto en un manual, que brindara al encargado del aula, todas aquellas actividades de mantenimiento que requieren los equipos, asimismo los formatos diseñados para el registro de información y el control de las maquinas. Además, se añade los deberes que debe cumplir al interior del aula, los docentes, los estudiantes y el encargado del aula.

## **Recomendaciones**

Velar por el cumplimiento del uso de implementos de seguridad dentro del aula STEAM, sea para los estudiantes, los docentes y el encargado del aula indicados por el departamento de procesos industriales. Además, que se incluya el uso de cofias, puesto que el cabello puede afectar las guías, conexiones y engranajes de ciertos equipos. Asimismo, al momento de realizar actividades académicas dentro del aula, es necesario capacitar a los estudiantes y a los docentes sobre el buen uso del laboratorio.

Al momento de comprar nuevos equipos se debe solicitar de inmediato los manuales de uso, de instalación y mantenimiento. Para incluirlo en el plan de mantenimiento preventivo actual de forma oportuna. Debido a que, en el presente proyecto, se evidencio una carencia de información y una evasión de responsabilidades por parte de los proveedores en cuanto a las especificaciones técnicas de los equipos.

Se recomienda departamento de procesos industriales adopte los formatos diseñados en el presente proyecto a fin de contar con un registro histórico de las actividades de mantenimiento por equipo.

La distribución actual de aula no aprovecha el espacio y el uso de las mesas, dejando equipos en estado de ocio o almacenados, por lo tanto, es necesario una redistribución para utilizar el área del laboratorio a su máxima capacidad y así permitir el desarrollo de actividades eficientemente de todos los equipos.

Revisar semestralmente el estado de los insumos necesarios para el desarrollo de las actividades académica, así como la cantidad disponible de los mismo, de tal manera si es necesario adquirir materiales nuevos, se realice antes de acabar el semestre académico para garante que el siguiente de periodo de uso cada equipo funcione desde el primer día. Asimismo,

se recomienda comprar una aspiradora portátil, con el fin de mejorar la limpieza en general de los equipos.

Ejecutar una auditoria semestral aleatorio al desarrollo y cumplimiento al plan de mantenimiento propuesto en el presente proyecto, de tal manera, que se identifiquen oportunidades de mejora y que el encargado del aula conlleve el control correspondiente de los equipos. Buscando que el laboratorio se encuentre disponible al campus universitario.

## 5 Referencias

(Productor), S. B. (21 de 11 de 2009). *UDGVIRTUAL*. Obtenido de

<http://biblioteca.udgvirtual.udg.mx/jspui/handle/123456789/1119>

*ARROWT 3D*. (s.f.). Obtenido de <https://arrowti3d.com/impresora-3d-creality-ender-7>

*BSG institute*. (s.f.). Obtenido de <https://bsginstitute.com/bs-campus/blog/Indicadores-de->

Confiabilidad-en-Mantenimiento-

94#:~:text=Confiabilidad%3A%20Es%20la%20probabilidad%20de,de%20un%20equipo%20o%20componente.

Cansino Florez, E. A., & Lucero Diaz, D. W. (2015). *ELABORACIÓN DE UNPLAN DE*

*MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA LA FÁBRICA*

*MINEROSA*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/10469>

Chacin, R. B. (s.f.). *UNIVERSIDAD URBE*. Obtenido de

<http://virtual.urbe.edu/tesispub/0100126/cap02.pdf>

Diego Alejandro Ramirez Gaviria, A. F. (s.f.). *UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA*.

Obtenido de <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/836ef3fc-05fd-4bc2-9038-26f4b18acfc6/content>

*DIRECT INDUSTRY*. (s.f.). Obtenido de [https://www.directindustry.es/prod/kuka-ag/product-](https://www.directindustry.es/prod/kuka-ag/product-17587-1873609.html)

17587-1873609.html

*ferrovicmar*. (s.f.). Obtenido de <https://www.ferrovicmar.com/torno-de-precision-proxxon-24002>

*fischertechnik*. (s.f.). Obtenido de <https://www.fischertechnik.de/es->

[es-productos/aprender/modelos-de-entrenamientos](https://www.fischertechnik.de/es-productos/aprender/modelos-de-entrenamientos)

Gándara González, F. (2014). *HERRAMIENTAS DE CALIDAD Y EL TRABAJO EN EQUIPO*

*PARA DISMINUIR LA REPROBACIÓN ESCOLAR*. Obtenido de

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94432996003>

García Garrido, S. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Madrid :

Ediciones Díaz de Santos, S. A.

García Palencia, O. (2011). *Gestión Moderna del Mantenimiento Industrial. Principios*

*Fundamentales*. bogota, colombia: Ediciones de la U. Obtenido de

<https://books.google.com.co/books?id=IyejDwAAQBAJ&printsec=copyright&hl=es#v=onepage&q&f=false>

GAVIRIA, D. A. (s.f.). *UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA*.

González González, R., & Jimeno Bernal, J. (2012). *Check list/Listas de chequeo: ¿ Qué es un*

*checklist y cómo usarlo?*. Obtenido de

<http://biblioteca.udgvirtual.udg.mx/jspui/handle/123456789/1109>

González, C. (28 de 5 de 2021). *aeromarine*. Obtenido de [https://software.aeromarine.es/que-es-](https://software.aeromarine.es/que-es-la-codificacion-de-equipos-en-un-sistema-de-mantenimiento/)

[la-codificacion-de-equipos-en-un-sistema-de-mantenimiento/](https://software.aeromarine.es/que-es-la-codificacion-de-equipos-en-un-sistema-de-mantenimiento/)

*GRUPOSIL*. (s.f.). Obtenido de [https://gruposil.es/analisis-de-fallas-para-garantizar-la-](https://gruposil.es/analisis-de-fallas-para-garantizar-la-productividad/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20una%20falla%3F,o%20que%20no%20la%20cumplan.)

[productividad/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20una%20falla%3F,o%20que%20no%20la%20cumplan.](https://gruposil.es/analisis-de-fallas-para-garantizar-la-productividad/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20una%20falla%3F,o%20que%20no%20la%20cumplan.)

[0no%20la%20cumplan.](https://gruposil.es/analisis-de-fallas-para-garantizar-la-productividad/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20una%20falla%3F,o%20que%20no%20la%20cumplan.)

Guerrero Quiroz, F. &. (2010). *UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE*. Obtenido de

<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/24279/Rodriguez%20Quiroz%20V>

[annia%20Stefanny.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/24279/Rodriguez%20Quiroz%20V)

Guerrero Sierra, D. P. (2021). *Propuesta de un aula steam bajo el enfoque industria 4.0 en la UFPS. Cúcuta, Colombia: Universidad Francisco de Paula Santander*. Obtenido de <http://repositorio.ufps.edu.co/handle/ufps/1579>

*INGENIERIA Y DESARROLLO INTEGRALES*. (2018). Obtenido de <https://idisl.info/revision-tecnica-de-documentacion-recomendaciones/#:~:text=Un%20documento%20t%C3%A9cnico%20es%20aquel,presentada%20eficazmente%20a%20los%20lectores>.

Julián Pérez Porto, A. G. (2010). *definicion.de*. Obtenido de <https://definicion.de/manual-de-usuario/#:~:text=Un%20manual%20es%20una%20publicaci%C3%B3n,de%20forma%20ordenada%20y%20concisa>.

Julián Pérez Porto, M. M. (2008). *definicion.de*. Obtenido de <https://definicion.de/tecnica/>

*Lucas Nülle*. (s.f.). Obtenido de [https://www.lucas-nuelle.de/index.php/fuseaction/download/lrn\\_file/lr\\_bro\\_automattechnik\\_cs3\\_sp\\_090623.pdf](https://www.lucas-nuelle.de/index.php/fuseaction/download/lrn_file/lr_bro_automattechnik_cs3_sp_090623.pdf)

*maquinaria10.com*. (s.f.). Obtenido de <https://maquinaria10.com/fresadoras-madera/proxxon-fresadora-electrica-ff-500-bl.html>

*NUEVA ISO 9001:2015*. (13 de 9 de 2016). Obtenido de [https://www.nueva-iso-9001-2015.com/2016/09/desarrollo-concepto-calidad/#:~:text=Kaoru%20Ishikawa%20\(1988\)%20supuso%20que,E.W](https://www.nueva-iso-9001-2015.com/2016/09/desarrollo-concepto-calidad/#:~:text=Kaoru%20Ishikawa%20(1988)%20supuso%20que,E.W).

Pérez, A. (4 de 4 de 2015). *OBS Business School*. Obtenido de <https://www.obsbusiness.school/blog/que-beneficios-tiene-programar-el-cronograma-de-un-proyecto>

- RISK, L. (s.f.). Obtenido de <https://www.latinrisk.com.ar/la-importancia-del-manual-de-procedimientos-en-su-empresa/>
- Rodriguez Quiroz, V. S. (23 de 10 de 2020). *REPOSITORIO INSTITUCIONAL UPN*. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/24279?show=full>
- tech, r. (2022). Obtenido de <https://www.redtech.net.co/aulas-steam/>
- Técnicas, I. u. (2009 ). *Herramientas para la mejora de la calidad*. Montevideo.
- Vistronica*. (s.f.). Obtenido de <https://www.vistronica.com/robotica/robot/robot-didactico-openbotv-6-dof-detail.html>
- Westreicher, G. (14 de 12 de 2020). *ECONOMIPEDIA*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/mantenimiento.html>
- Yirda, A. (26 de 6 de 2020). *ConceptoDefinicion*. Obtenido de <https://conceptodefinicion.de/disenio/>
- Zahera-Pérez. (2021). *UNIVERSIDAD EAN*. Obtenido de <https://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/11007/RodriguezNatalia2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>