

Diseño de un sistema de información computarizado para la gestión de mantenimiento en la escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander.

Javier Enrique Pico Cáceres

Trabajo de Grado para Optar al Título de Especialista en gerencia de mantenimiento

Director

David Alfredo Fuentes Díaz

Doctor en Tecnología Energética

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físicomecánicas

Escuela de Ingeniería Mecánica

Especialización en gerencia de mantenimiento

Bucaramanga

2024

### **Agradecimientos**

Para el desarrollo de esta monografía agradezco principalmente al director del proyecto, quien a través de su asesoría orientó el proyecto. A mi familia y a mi novia quienes siempre han sido un pilar fundamental en mi crecimiento personal y profesional, especialmente en el desarrollo del proyecto y del programa.

**Tabla de Contenido**

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	11
1. Objetivos .....	14
1.1 Objetivo General .....	14
1.2 Objetivos Específicos.....	14
2. Marco conceptual.....	15
2.1 Sistemas de información.....	15
2.1.1 Tipos de sistemas de información de apoyo a la gestión.....	15
2.1.1.1 Sistemas de apoyo a las operaciones .....	16
2.1.1.2 Sistemas de apoyo administrativo o gerencial .....	16
2.2 Sistemas de información de mantenimiento .....	17
2.2.1 Computerized Maintenance Management System (CMMS).....	19
2.2.2 Maintenance, Repair, and Operations (MRO) .....	19
2.2.3 Enterprise Asset Management (EAM).....	19
2.2.3 Enterprise Resource Planning (ERP).....	20
2.2.3 Enterprise Resource Planning II (ERP) .....	20
3. Organización.....	21
4. Identificación de los procesos actuales.....	25
4.1 Caracterización de los procesos de la organización.....	25
4.1.1 Gestión de activos .....	25
4.1.2 Gestión de recursos y fuerza laboral.....	25

4.1.3 Gestión de materiales e inventario .....	26
4.1.4 Gestión de órdenes de trabajo .....	26
4.1.5 Gestión de mantenimiento preventivo .....	26
4.1.6 Informes, análisis y auditorías .....	27
5. Desarrollo.....	28
5.1 Conformación del equipo de trabajo.....	29
5.2 Definición de plan de trabajo.....	29
5.3. Planificación del trabajo .....	30
5.3.1 Requerimientos de procesos de la organización .....	30
5.3.1.1 Requerimientos de los procesos de los usuarios.....	31
5.3.1.2 Requerimientos de los procesos del nivel operativo.....	31
5.3.1.3 Requerimientos de los procesos del nivel táctico / gerencial .....	32
5.3.1.4 Requerimientos de los procesos del nivel estratégico.....	33
5.3.2 Requerimientos de recursos de la organización.....	33
5.3.3 Funcionalidades .....	34
5.3.3.1 Funcionalidades generales .....	34
5.3.3.2 Registro de activos.....	34
5.3.3.3 Gestión de recursos y fuerza laboral.....	36
5.3.3.4 Gestión de materiales e inventario.....	36
5.3.3.5 Gestión de órdenes de trabajo .....	36
5.3.3.6 Gestión de mantenimiento preventivo .....	38
5.3.3.7 Informes, análisis y auditorías .....	39
5.4. Adquisición, adecuación y configuración del hardware .....	39

5.4.1	Equipo de cómputo.....	39
5.4.2	Sistemas de redes de comunicación.....	40
5.5	Sistema informático.....	40
5.5.1.	Desarrollo de un nuevo sistema de información.....	40
5.5.2.	Instalación de un sistema de información existente.....	40
5.6	Ajuste con los procesos a ser implementados.....	45
5.7	Migración y/o cargue de la información del cliente.....	45
5.8	Entrenamiento sobre el uso del software.....	45
5.9	Plan de comunicaciones y sensibilización respecto al nuevo software.....	45
5.10	Pruebas en ambiente de desarrollo.....	46
5.11	Pruebas en ambiente de producción.....	46
5.12	Inicio de operaciones.....	46
5.13	Acompañamiento durante un tiempo.....	46
5.14	Soporte técnico permanente.....	47
6.	Conclusiones.....	48
7.	Recomendaciones.....	49
	Referencias Bibliográficas.....	50
	Apéndices.....	51

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 <i>Equipo de trabajo de la organización</i> .....	29
Tabla 2 <i>Matriz DOFA del proyecto</i> .....	29
Tabla 3 <i>Procesos requeridos según cada nivel de la organización</i> .....	30
Tabla 4 <i>Datos de los equipos por registrar</i> .....	35
Tabla 5 <i>Datos de las herramientas por registrar</i> .....	35
Tabla 6 <i>Datos de los materiales y repuestos por registrar</i> .....	36
Tabla 7 <i>Flujo del proceso de solicitud de mantenimiento por reporte</i> .....	37
Tabla 8 <i>Flujo del proceso de solicitud de mantenimiento planeado</i> .....	38
Tabla 9 <i>Verificación de cumplimiento de los criterios iniciales planteados</i> .....	42
Tabla 10 <i>Verificación de cumplimiento de las funcionalidades requeridas</i> .....	43
Tabla 11 <i>Evaluación de alternativas comerciales</i> .....	44

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
Figura 1 <i>Evolución de las estrategias de mantenimiento y confiabilidad</i> .....	12
Figura 2 <i>Tipos de sistemas de información de apoyo a la gestión</i> .....	16
Figura 3 <i>Correlación de la función mantenimiento</i> .....	17
Figura 4 <i>Tipos de sistemas de información para la gestión de mantenimiento</i> .....	18
Figura 5 <i>Organigrama Universidad Industrial de Santander</i> .....	22
Figura 6 <i>Organigrama Escuela de Ingeniería Mecánica</i> .....	23
Figura 7 <i>Proceso de mantenimiento en la Escuela de Ingeniería Mecánica</i> .....	24
Figura 8 <i>Niveles organizacionales en el proceso de mantenimiento la Escuela de Ingeniería Mecánica</i> .....	24

**Lista de Apéndices**

	<b>pág.</b>
Apéndice A. Resultados obtenidos de las preferencias de los usuarios.....	51
Apéndice B. Resultados obtenidos de las preferencias del personal operativo .....	55

## Resumen

**Título:** Diseño de un sistema de información computarizado para la gestión de mantenimiento en la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander \*

**Autor:** Javier Enrique Pico Cáceres \*\*

**Palabras Clave:** Sistema de información, gestión de mantenimiento, Escuela de Ingeniería Mecánica, CMMS, GMAO.

**Descripción:** Con el constante desarrollo de las empresas, se hace necesario el uso de las herramientas informáticas para la gestión de la información que se debe manejar en el desarrollo de sus procesos, uno de estos procesos fundamentales es la gestión del mantenimiento de sus activos.

Con el objetivo de darle solución a las necesidades identificadas en la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander, en esta monografía, se realizó el proceso del diseño de un sistema de información computarizado para la gestión de mantenimiento, inicialmente haciendo un diagnóstico y definición de recursos disponibles y necesidades de la organización, posteriormente definiendo los requerimientos de información, recursos tecnológicos, humanos y procedimientos de los diferentes niveles organizacionales.

Una vez obtenidos los requerimientos, se definieron las funcionalidades y los alcances del sistema requeridos por la organización, como alternativas de solución se contemplaron las tres alternativas: modificando el sistema existente, desarrollando uno nuevo o adquiriendo una alternativa comercial (para lo cual se hizo un análisis para validar las alternativas que se ajustan a las necesidades y políticas de la organización). Finalmente se definieron procedimientos generales para la implementación de cada opción.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en gerencia de mantenimiento. Director: David Alfredo Fuentes Díaz. Doctor en Tecnología Energética.

### Abstract

**Title:** Designing of a computerized management maintenance system in the Escuela de Ingeniería Mecánica of the Universidad Industrial de Santander \*

**Author(s):** Javier Enrique Pico Cáceres\*\*

**Key Words:** Maintenance management, mechanical engineering, CMMS, GMAO

**Description:** The continuous development of companies has created the necessity to use computer tools for the management of the information that must be managed in the workflow of their processes, one of these fundamental processes is the management of their assets maintenance.

To providing a solution to the needs identified in the Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander was developed this monograph for the designing of a computerized management maintenance system, initially making a diagnosis and definition of available resources and needs of the organization, subsequently defining the information requirements, technological and human resources and procedures of the different organizational levels.

Once the requirements were obtained, the functionalities and scopes of the system required by the organization were defined, and the three alternatives were considered as solution alternatives: modifying the existing system, developing a new one or acquiring a commercial alternative (for which an analysis was made to validate the alternatives that fit the needs and policies of the organization). Finally, general procedures were defined for the implementation of each option.

---

\* Degree Work

\*\*Physical – Mechanical Engineering Faculty. Mechanical Engineering School. Especialización en gerencia de mantenimiento. Director: David Alfredo Fuentes Díaz. D. Tecnología Energética

## **Introducción**

La Universidad Industrial de Santander (UIS) es una universidad pública colombiana fundada el 1 de marzo de 1948, cuya sede principal se encuentra en la ciudad de Bucaramanga. Ofrece programas académicos de educación superior a la comunidad santandereana y en general a la comunidad nacional. Se enmarca en las tres actividades misionales: docencia, investigación y extensión. De acuerdo a su estructura organizacional, se divide en cinco facultades y cada una de ellas está conformada por escuelas agrupadas por campos y disciplinas afines del conocimiento.

En el mes de mayo de 2018 fue inaugurado el edificio de laboratorios de Ingeniería Mecánica para el desarrollo de las actividades misionales de la Universidad, sumado a la infraestructura existente, la Escuela de Ingeniería Mecánica cuenta con 3 talleres, 17 laboratorios, 16 aulas de clase, 1 auditorio y 2 salas de cómputo. Allí se encuentran cerca de 200 equipos de laboratorio, 100 equipos de cómputo, y sistemas eléctricos, hidráulicos, neumáticos, de automatización y comunicaciones, de aire acondicionado y de extracción de gases que reúnen aproximadamente 400 equipos para la formación profesional de alta calidad de 1096 estudiantes de pregrado (2023-1) con la responsabilidad de ofrecer con pertinencia y calidad los programas y servicios que requiere la sociedad, enmarcados en los objetivos estratégicos institucionales.

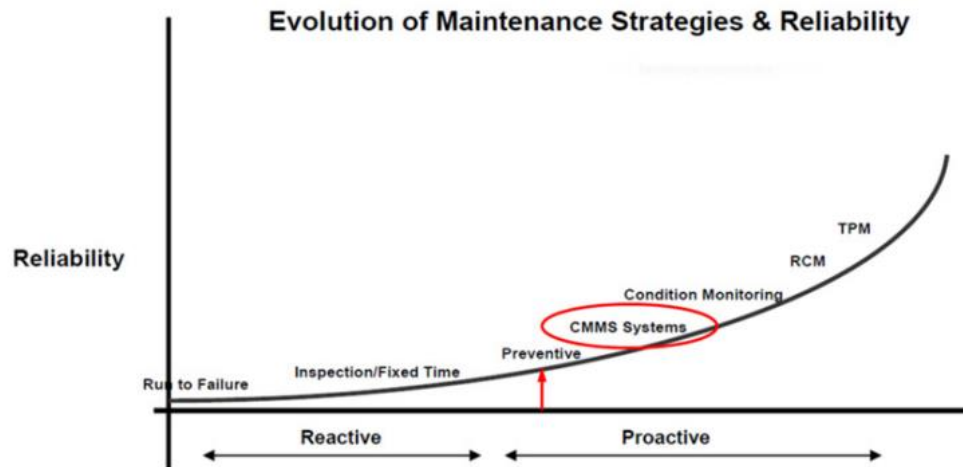
La Escuela de Ingeniería Mecánica, desde 2021 ha venido trabajando en la gestión de sus activos con la implementación de un plan de mantenimiento que le permita ofrecer alta disponibilidad de los equipos, así mismo, aprovechar y alargar la vida útil de sus activos eficaz y eficientemente.

Sin embargo, se han identificado algunas dificultades, en los procesos de gestión de mantenimiento, particularmente en la gestión de activos e inventario, en el uso de datos para la toma de decisiones y en el registro de actividades operativas.

De acuerdo con Wienker et al. (2016) el siguiente paso en la evolución de las estrategias de mantenimiento y confiabilidad, después de un plan de mantenimiento preventivo, es la implementación de sistemas CMMS, como se muestra la figura 1.

### Figura 1

*Evolución de las estrategias de mantenimiento y confiabilidad*



Tomado de: Michael Wienker (2016). The Computerized Maintenance Management System: An essential Tool for World Class Maintenance.

Ahora, según la solución planteada ¿Cuál es el impacto en la función de mantenimiento de los equipos de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander el diseño e implementación de un sistema de información computarizado para la gestión de mantenimiento?

A través del diseño e implementación de un sistema de información para la gestión del mantenimiento en la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander se busca mejorar los procesos administrativos y operativos del mantenimiento de los activos, a través del almacenamiento y tratamiento de datos que permitan tomar decisiones fundamentadas para su gestión, realizar un control efectivo de los costos de mantenimiento a las actividades, procurando un incremento en el cumplimiento y en la calidad de las actividades de mantenimiento.

De acuerdo con Michael Wienker et al. (2016) una correcta implementación de un CMMS permite conseguir una reducción de costos directos de mantenimiento, entre 5 – 10% influenciado significativamente en planeación y control de inventarios, la TIR de la implementación de un CMMS en la mayoría de los casos de éxito es menor a 1 año.

A través de un correcto uso del sistema de información para la gestión del mantenimiento se reducirá la cantidad de fallas de los equipos por tareas de mantenimiento que pudieran olvidarse, o que fueron realizadas sin cumplir estándares de calidad, así mismo desde la parte administrativa, enfocando los recursos según información obtenida de los activos, de tal forma que el proceso de mantenimiento se ajuste mejor al contexto operacional de los activos.

## **1. Objetivos**

### **1.1 Objetivo General**

Diseñar un sistema de información computarizado para la gestión de mantenimiento en la escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander.

### **1.2 Objetivos Específicos**

Definir el proceso, recursos y la información que se maneja en la función mantenimiento de la Escuela de Ingeniería Mecánica para identificar recursos disponibles y necesidades.

Definir los requerimientos de información, recursos tecnológicos, humanos y procedimientos del sistema de información computarizado para la gestión de mantenimiento.

Definir las funcionalidades y sus alcances en el sistema de información computarizado para la gestión de mantenimiento.

Establecer los procedimientos para la implementación del sistema de información de mantenimiento a los procesos de la Escuela de Ingeniería Mecánica.

## **2. Marco conceptual**

### **2.1 Sistemas de información.**

Un sistema de información es un conjunto organizado de componentes que interactúan entre sí para recopilar, procesar, almacenar y distribuir información con el fin de apoyar la toma de decisiones, el control y la coordinación dentro de una organización.

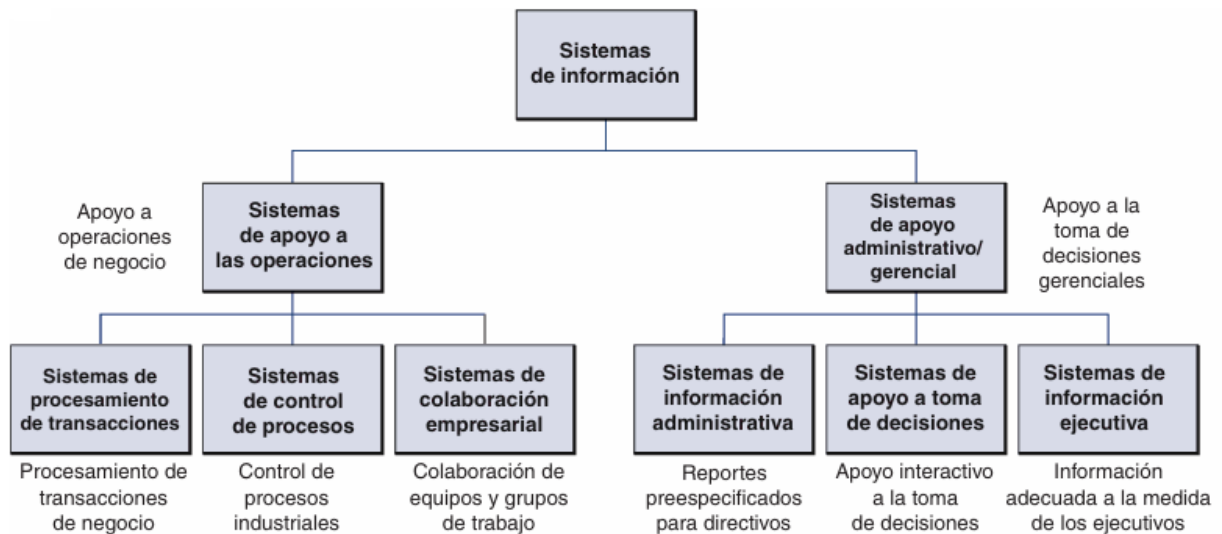
Un sistema de información realiza cuatro actividades básicas: entrada, almacenamiento, procesamiento y salida de información. Están conformados por: Equipo computacional (hardware), recurso humano, datos o información fuente, programas (software), telecomunicaciones y procedimientos (Cohen, 2005).

#### ***2.1.1 Tipos de sistemas de información de apoyo a la gestión.***

Existen diversas maneras de definir los tipos de sistemas de información, una forma es la propuesta por (O'Brien, 2006) que en la figura 2 nos muestra una clasificación en operativos o administrativos, pero hay que tener en cuenta que las organizaciones usan los sistemas de información de tal forma que se ajuste a sus necesidades, de tal forma que no siguen una rigurosidad respecto a la clasificación propuesta.

**Figura 2**

*Tipos de sistemas de información de apoyo a la gestión*



*Nota.* Tomado de *Sistemas de Información Gerencial* (p. 12), por J.A. O'Brien y G.M. Marakas, 2006, McGrawHill.

### **2.1.1.1 Sistemas de apoyo a las operaciones**

En general, permiten procesar las transacciones, controlar los procesos industriales, apoyar las comunicaciones y la colaboración empresarial y actualizar las bases de datos corporativas. Se dividen en tres tipos:

- Sistemas de procesamiento de transacciones.
- Sistemas de control de procesos.
- Sistemas de colaboración empresarial.

### **2.1.1.2 Sistemas de apoyo administrativo o gerencial**

Los sistemas de apoyo administrativo o gerencial suministran información y apoyo para la toma de decisiones a todo tipo de directivos y profesionales de los negocios. Se dividen en tres tipos:

- Sistemas de información gerencial.
- Sistemas de apoyo a la toma de decisiones.
- Sistemas de información ejecutiva.

## 2.2 Sistemas de información de mantenimiento

Las organizaciones actualmente se encuentran fuertemente interrelacionadas en sus respectivos departamentos o divisiones internas, de forma que para el desarrollo de sus procesos intervienen en conjunto para lograr el plan estratégico.

El proceso de mantenimiento agrupa una serie de actividades mediante las cuales un equipo, máquina, construcción civil o instalación, se mantiene o se restablece a un estado apto para realizar sus funciones, siendo importante en la calidad de los productos y como estrategia para una competencia exitosa. (Fuentes, 2015)

### Figura 3

*Correlación de la función mantenimiento*



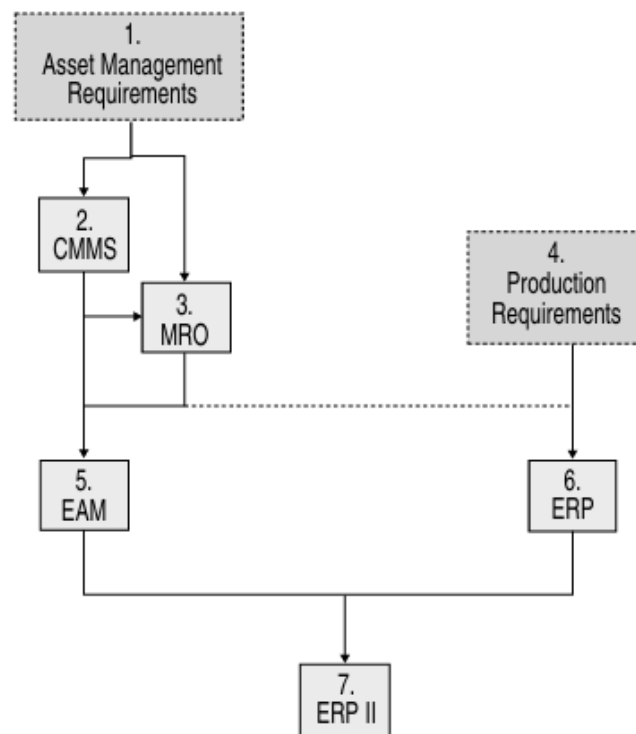
*Nota.* Tomado de *Sistemas de Información en Mantenimiento* (p. 19), por D. Fuentes. 2015, Notas de clase.

Para el desarrollo de las actividades de mantenimiento es necesario una correlación con las demás divisiones de la organización, tiene funciones que hacen parte de los tres niveles organizacionales (estratégico, táctico y operativo) una forma de representarlo se muestra en la figura 3.

Los sistemas de información de mantenimiento están diseñados para optimizar el manejo de la gestión del mantenimiento, debido a los diferentes tipos de organización, existen diversos tipos de sistemas, que han venido apareciendo a medida que se han evidenciado las necesidades, en la figura 4 podemos verlo esquemáticamente.

#### Figura 4

*Tipos de sistemas de información para la gestión de mantenimiento*



*Nota.* Tomado de *CMMS: A Timesaving Implementation Process* (p. 10), por D. Mather. 2003, CRC Press LLC.

### ***2.2.1 Computerized Maintenance Management System (CMMS)***

En español Gestión de Mantenimiento Asistido por Computadora (GMAO) fue creado para el manejo de requerimientos, inicialmente para reemplazar las ordenes de trabajo manuales. Actualmente se usa para planeación y programación de ordenes de trabajo, reportes de fallas o averías, seguimiento de actividades de mantenimiento, costos, control de indicadores.

El principal objetivo de un CMMS es ahorrar dinero, aumentando la eficiencia, teniendo mayor disponibilidad de información para la toma de decisiones y de forma más ágil, además de mejorar la efectividad de los trabajos de mantenimiento realizados.

### ***2.2.2 Maintenance, Repair, and Operations (MRO)***

En español mantenimiento, la reparación y las operaciones (MRO) tiene varias similitudes respecto a los CMMS, pero se centran más en los requerimientos para planeación y programación de tareas, gestión y presupuesto de inventario. Generalmente, además de las funcionalidades de un CMMS, los MRO incluyen gestión de proveedores, adquisición de materiales y repuestos, gestión de proveedores y la gestión de compras de operación.

### ***2.2.3 Enterprise Asset Management (EAM)***

En español Gestión de Activos Empresariales es la combinación entre un CMMS y MRO, agregando la gestión en el ciclo de vida del activo, es decir, considera el ciclo de vida del activo, las veces que hay que repararlo hasta el fin de su vida útil. Se tiene una visión más amplia del ciclo de vida del activo y su relación con las operaciones, y pueden incluir en sus análisis cuestiones financieras, como fechas de arrendamiento, depreciación, costes de reparación frente a costes de sustitución, entre otros.

### ***2.2.3 Enterprise Resource Planning (ERP)***

En español Planeación de Recursos Empresariales fueron creados originalmente para la planeación de los recursos de producción (MRP), además de planificación y recursos financieros como se observa en la figura 4. Posteriormente se fueron integrando las funciones de gestión de recursos humanos, compras y ventas, inventario.

### ***2.2.3 Enterprise Resource Planning II (ERP)***

Como se observa en la figura 4, los nuevos sistemas ERP adopta requerimientos de producción y de gestión de activos. Constituye soluciones a nivel general de las organizaciones, puesto que incluye la gestión de todos sus procesos. Están diseñados para proporcionar una plataforma centralizada donde se pueden almacenar, gestionar y procesar datos en tiempo real.

### **3. Organización**

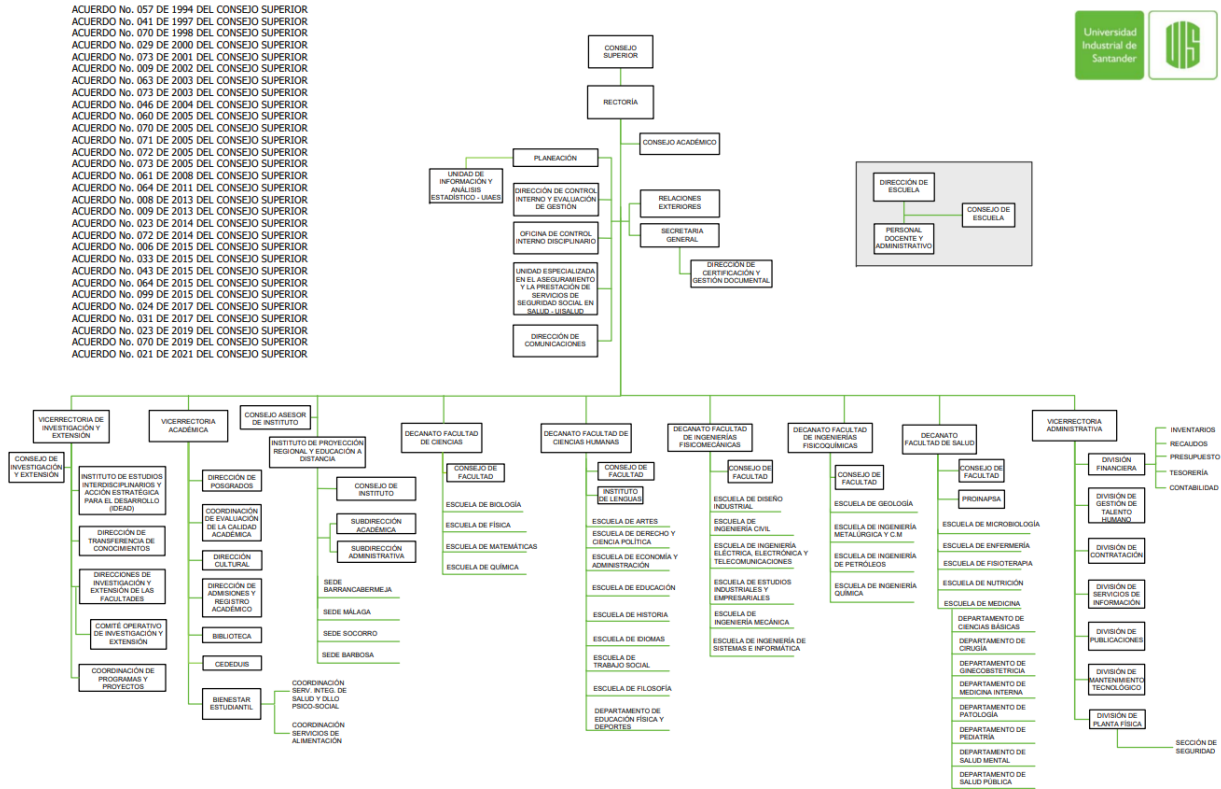
La Universidad Industrial de Santander, es una institución pública de más de 75 años de trayectoria, cuya misión es formar profesionales integrales, éticos, con sentido político e innovadores. Ha sido reconocida entre las mejores del país por diferentes clasificaciones, demostrando la relevancia a nivel nacional en la educación superior.

Desde 1994, la universidad optó por políticas menos descentralizadas para la dirección de los programas académicos, otorgando responsabilidades y capacidad de decisión por parte de las Escuelas. Con su trayectoria a través de los años de su existencia, se han realizado cambios de tal forma que permita la planificación, operación y el control de los procesos. Así, el organigrama actual, se muestra en la figura 5.

De manera similar, la escuela de Ingeniería Mecánica posee su estructura organizacional, de acuerdo con los procesos académico – administrativos a su cargo, enmarcado en el organigrama de la figura 6 que se muestra.

Figura 5

Organigrama Universidad Industrial de Santander



Nota. Tomado de Universidad Industrial de Santander (s.f.) <https://uis.edu.co/uis-identidad-institucional-es/>

**Figura 6**

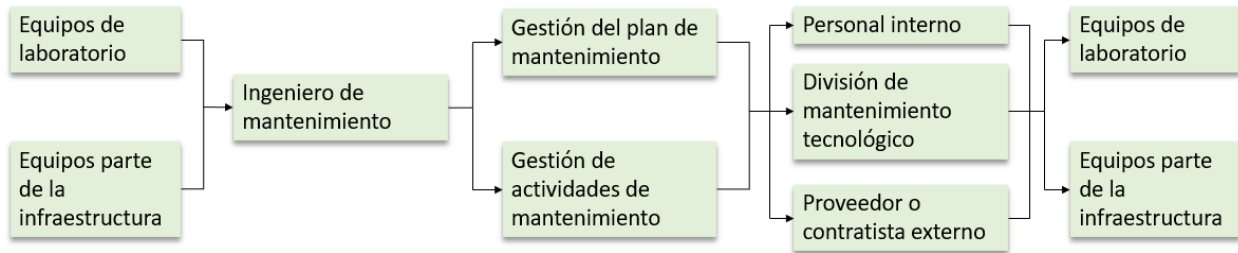
*Organigrama Escuela de Ingeniería Mecánica.*



El proceso de mantenimiento de la Escuela de Ingeniería Mecánica se basa en la gestión de equipos de laboratorio y de equipos que hacen parte de la infraestructura, para garantizar su operatividad y alargar su vida útil a través de su correcto uso y mantenimiento. El encargado de esta función es el ingeniero de mantenimiento, quien a través de la gestión del plan de mantenimiento y gestión de actividades de mantenimiento fuera del plan, utiliza a personal interno, a la división de mantenimiento tecnológico de la Universidad Industrial de Santander o a un proveedor o contratista externo para cumplir dichos objetivos.

**Figura 7**

*Proceso de mantenimiento en la Escuela de Ingeniería Mecánica*

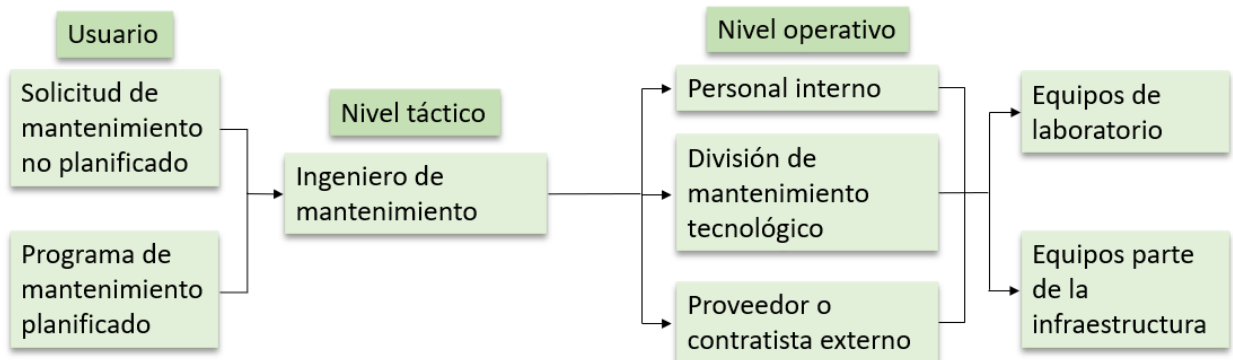


En la actualidad la Escuela de Ingeniería Mecánica posee 195 equipos de laboratorio, 16 aulas de clase con sus equipos audiovisuales, 2 salas de cómputo. Además, sistemas eléctricos, hidrosanitarios, contraincendios, de aire comprimido, de aire acondicionado, de automatización y comunicaciones y de extracción de gases, los cuales hacen parte de la infraestructura y abarcan a todo el edificio.

Para la gestión de mantenimiento, los procesos que se llevan a cabo se dividen en 2, según la gestión del plan de mantenimiento y otras actividades que no están dentro del plan (reactivas). Como se muestra en la figura 8, los actores que intervienen en él son los usuarios, el nivel táctico, el nivel operativo y el nivel estratégico.

**Figura 8**

*Niveles organizacionales en el proceso de mantenimiento la Escuela de Ingeniería Mecánica*



## **4. Identificación de los procesos actuales.**

### **4.1 Caracterización de los procesos de la organización.**

De acuerdo con International Business Machines Corporation (IBM), un CMMS generalmente ofrece las siguientes funcionalidades:

- Registro de activos.
- Gestión de recursos y fuerza laboral.
- Gestión de materiales e inventario.
- Gestión de órdenes de trabajo.
- Gestión de mantenimiento preventivo.
- Informes, análisis y auditorías.

De acuerdo con lo anterior, para definir los requerimientos en cada una de las funcionalidades se hace una definición de cada una y se especifica cómo se lleva a cabo actualmente en la organización.

#### ***4.1.1 Gestión de activos***

Información de los activos que posee la organización, documentación técnica de los equipos (planos, garantías), clasificaciones, jerarquizaciones.

Actualmente se maneja un listado de los equipos en Excel, los documentos técnicos y la información de cada equipo como fichas técnicas y hoja de vida son documentos que se encuentran en cada carpeta de cada equipo.

#### ***4.1.2 Gestión de recursos y fuerza laboral***

Seguimiento de los colaboradores disponibles. Gestionar tareas y ordenes de trabajo y formar equipos de trabajo. Organizar turnos y gestionar costos.

Se utiliza personal propio, personal de otras dependencias de la Universidad y proveedores externos para realizar las actividades. La gestión de los colaboradores de otras dependencias y externos recae en los jefes o directores de dichas dependencias u organizaciones, ubicando a la escuela como un usuario. La gestión de colaboradores internos se realiza a criterio del Ingeniero encargado del mantenimiento, según las tareas a realizar.

#### ***4.1.3 Gestión de materiales e inventario***

Planificación y control de inventarios, información técnica, historiales y registros de adquisiciones, proveedores y costos.

La Escuela posee un registro de inventario parcial de materiales y repuestos que se mantiene en actualización, pero la gestión de esto no es muy efectiva, puesto que solo se verifica de la existencia de algún material o repuesto antes de la actividad que se va a desarrollar.

#### ***4.1.4 Gestión de órdenes de trabajo***

Asignación de tareas a través de ordenes de trabajo que conlleven su respectiva planeación (recursos, personal y tiempo), seguimiento y documentación.

Actualmente no se manejan ordenes de trabajo, el mantenimiento programado se realiza de acuerdo a la planificación y posteriormente se llevan a cabo controles sobre la ejecución. Mientras que para mantenimientos no programados se priorizan y se asignan las actividades.

#### ***4.1.5 Gestión de mantenimiento preventivo***

Planificar, coordinar y controlar actividades de mantenimiento programadas, teniendo en cuenta calendarios, recursos, documentación y análisis posteriores.

Como se mencionó anteriormente, el mantenimiento programado se realiza de acuerdo a la planificación y posteriormente se llevan a cabo controles sobre la ejecución.

#### ***4.1.6 Informes, análisis y auditorías***

- Indicadores de cumplimiento de los objetivos de la función mantenimiento, que permitan tomar decisiones y planear estrategias de mejoramiento continuo.
- Se llevan a cabo informes anuales utilizando indicadores de cumplimiento de los objetivos que sirven como base para la planeación del siguiente año para la planeación presupuestal y de actividades del mantenimiento.

## 5. Desarrollo.

De acuerdo con Fuentes (2015) para la implementación de un sistema de información para la gestión del mantenimiento se deben seguir 14 pasos, en el presente capítulo se desarrollará esta metodología, teniendo en cuenta que se está llevando a cabo el diseño de este sistema, a continuación, se expone la metodología:

- Conformación del equipo de trabajo.
- Definición de plan de trabajo.
- Planificar el trabajo.
- Adquisición, adecuación y configuración del Hardware.
- Sistema informático.
- Definición de la implementación de procesos.
- Migración y cargue de la información del cliente.
- Entrenamiento sobre el uso del software.
- Plan de comunicaciones y sensibilización respecto al nuevo software dentro de la organización.
- Pruebas en ambiente de desarrollo.
- Pruebas en ambiente de producción.
- Inicio de operaciones.
- Acompañamiento durante un tiempo.
- Soporte técnico permanente.

### 5.1 Conformación del equipo de trabajo

Se seleccionó un equipo de trabajo que incluye la representación de los diferentes roles la organización (tabla 2).

**Tabla 1**

*Equipo de trabajo de la organización*

<b>Nombre</b>	<b>Rol</b>
Neyder Fabian Mosquera	Auxiliar administrativo – apoyo en el área de sistemas de la organización
David Alfredo Fuentes Díaz	Profesor planta – Representante de los usuarios
Diego Fernando Villegas Bermúdez	Director de escuela – Nivel estratégico
Javier Enrique Pico Cáceres	Ingeniero de Mantenimiento – Nivel táctico

### 5.2 Definición de plan de trabajo

El objetivo del equipo de trabajo es el diseño del sistema de información para la gestión de mantenimiento de la Escuela de Ingeniería Mecánica, este equipo se encuentra dirigido del director de escuela.

**Tabla 2**

*Matriz DOFA del proyecto*

<b>DEBILIDADES</b>	<b>OPORTUNIDADES</b>
Al no ser un proyecto que involucre a toda la organización, no se pueden aprovechar todas las funcionalidades de un sistema de información completamente integrado con los demás sistemas. Limitaciones de presupuesto	Mejora en el cumplimiento de las solicitudes y el plan de mantenimiento. Mayor control de los activos. Mayor disponibilidad de información para la toma de decisiones.
<b>FORTALEZAS</b>	<b>AMENAZAS</b>
Conocimiento de los procesos de mantenimiento. Personas con experiencia en el desarrollo de sistemas de información o posibilidad de apoyo de otros expertos.	Políticas de la dirección general de la institución. Cambios en la dirección de escuela.

Como entregable se define que el proceso de diseño se documentará en la presente monografía. En la planeación del proyecto, se identificaron las debilidades, oportunidades fortalezas y amenazas y se sintetizaron en la matriz DOFA que se muestra en la tabla 3.

### 5.3. Planificación del trabajo

Se llevó a cabo la identificación de requerimientos de la organización, dividido en requerimientos de proceso y de recursos, así:

#### 5.3.1 Requerimientos de procesos de la organización

En la tabla 3, se muestran los procesos que se buscan satisfacer en cada nivel de la organizacional: operativo, táctico o gerencial y estratégico.

**Tabla 3**

*Procesos requeridos según cada nivel de la organización*

<b>Funcionalidades</b>	<b>Nivel operativo</b>	<b>Nivel táctico / gerencial</b>	<b>Nivel estratégico</b>
Registro de activos.	Consulta documentación técnica para el desarrollo de actividades de mantenimiento	Planeación y asignación de actividades y recursos de acuerdo con las características de cada equipo. Seguimientos operativos a los equipos	Gestión estratégica de adquisiciones
Gestión de recursos y fuerza laboral.	-	Planeación y asignación de actividades y recursos. Seguimientos y controles al personal	Planificación de recursos y fuerza laboral en la organización.
Gestión de materiales e inventario.	Consultas de materiales e inventario	Planeación y asignación de materiales y recursos de acuerdo con actividades. Administración de materiales o repuestos.	Gestión estratégica de adquisiciones
Gestión de órdenes de trabajo.	Consulta y trámite de ordenes de trabajo	Gestión de ordenes de trabajo	-
Gestión de mantenimiento preventivo.	Consulta y trámite de mantenimiento preventivo	Gestión de mantenimiento preventivo Planificación y actualización de mantenimiento preventivo	-
Informes, análisis y auditorías	Informes de rendimiento personal y de equipo	Gestión de indicadores de cumplimiento, KPI's	Reporte de indicadores de cumplimiento, KPI's

### **5.3.1.1 Requerimientos de los procesos de los usuarios.**

Para la recolección de información, respecto a las preferencias de los usuarios, se utilizó una encuesta aplicada a todos los usuarios, en este caso los profesores planta de la Escuela de Ingeniería Mecánica, cuyos resultados se muestran en el apéndice A, para conocer los requerimientos y preferencias que desearían del sistema de información, teniendo como criterio la selección mayoritaria (más de 50%) y se obtuvieron los siguientes resultados:

- Los usuarios prefieren el sistema de información en un entorno web.
- Los usuarios preferirían acceder al sistema de información a través de computadores y dispositivos móviles.
- Los usuarios desean incluir activos referentes a laboratorios, salas de cómputo e infraestructura común en el sistema de información.
- Los usuarios desean recibir notificaciones sobre todas las actualizaciones de las solicitudes de mantenimiento.
- Los usuarios desean recibir notificaciones sobre la programación de mantenimiento preventivo de los equipos bajo su responsabilidad.

### **5.3.1.2 Requerimientos de los procesos del nivel operativo.**

Para la recolección de información, respecto a los requerimientos desde la parte operativa, se utilizó una encuesta aplicada a todo el personal operativo cuyos resultados se muestran en el apéndice B, para conocer la información que desearían poder tener acceso a través del sistema de información, seccionando en equipos, herramientas, repuestos y ordenes de trabajo, obteniendo los siguientes resultados:

- Posibilidad de consultar la información de los activos, como apoyo al desarrollo de actividades de mantenimiento.

- Consultas de materiales e inventario existentes en bodega, y la posibilidad de requerir en caso de necesitarse.
- Consulta y trámite de ordenes de trabajo.
- Consulta y trámite de mantenimiento preventivo.
- Posibilidad de generar y consultar informes de rendimiento personal, según el trámite de ordenes de trabajo.

### **5.3.1.3 Requerimientos de los procesos del nivel táctico / gerencial**

Para definir los requerimientos del nivel táctico / gerencial fueron definidos por el autor de esta monografía, quien es el responsable de las actividades de este nivel, se definieron los siguientes requerimientos:

- Planeación y asignación de actividades y recursos de acuerdo con las características de cada equipo.
- Posibilidad de realizar seguimientos a los equipos, (historial de fallas, historial de mantenimientos, historial de costos y recursos asignados)
- Planeación y asignación de actividades y recursos de acuerdo con personal o externos.
- Posibilidad de realizar seguimientos y controles al personal, a través de las ordenes de trabajo finalizadas, así como la calificación de las solicitudes finalizadas.
- Planeación y asignación de materiales y recursos de acuerdo con las ordenes de trabajo planeadas.
- Posibilidad de administración de materiales o repuestos según categorización, visualización y modificación de inventario disponible.
- Creación, asignación, seguimiento y evaluación de ordenes de trabajo.
- Priorización de ordenes de trabajo.

- Planeación y asignación del plan de mantenimiento preventivo.
- Modificación y actualización de mantenimiento preventivo.
- Posibilidad de generar y consultar de indicadores de cumplimiento, KPI's, costos.

#### **5.3.1.4 Requerimientos de los procesos del nivel estratégico**

Para definir los requerimientos del nivel estratégico fueron recolectados de primera mano desde el director de la escuela, quien es el responsable de las actividades de este nivel.

- Posibilidad de generar informes que sirvan de insumo para la planeación estratégica de adquisiciones de equipos (valor de activos, costos de mantenimiento, historial de costos por laboratorio, registro de adquisiciones).
- Costos de personal en la organización.
- Posibilidad de generar informes que sirvan de insumo para la planeación estratégica de adquisiciones de materiales y repuestos (costos totales, costos de mantenimiento, historial de costos por laboratorio).
- Posibilidad de consultar indicadores de cumplimiento, KPI's.

#### **5.3.2 Requerimientos de recursos de la organización**

Se identificaron los recursos requeridos por la organización, así:

- El sistema debe tener la capacidad de gestionar 500 activos, teniendo en cuenta la adquisición de nuevos equipos.
- El sistema debe tener la capacidad de tener al menos 20 usuarios creadores de solicitudes y responsables de algún laboratorio.
- El sistema debe tener la capacidad de tener al menos 1 usuario con rol táctico y 5 usuarios de rol operativo.

### **5.3.3 Funcionalidades**

Según los requerimientos definidos en el título anterior, se describirán las funcionalidades requeridas en la organización.

#### **5.3.3.1 Funcionalidades generales**

F1.1 El sistema debe ejecutarse en un entorno web.

F1.2 El sistema debe poder ejecutarse en computadores y dispositivos móviles.

F1.3 Para el ingreso al sistema de información, cada usuario se debe autenticar mediante usuario y contraseña.

F1.4 El rol táctico será el único que puede crear, editar, o eliminar usuarios.

F1.5 Debe tener la posibilidad de generar alertas vía correo electrónico, cuando se requiera.

F1.6 No debe poseer restricción de usuarios conectados.

F1.7 Debe garantizar la seguridad de tal forma que garantice la reserva de la información de activos y personal.

#### **5.3.3.2 Registro de activos**

F2.1 Posibilidad de asignar los activos a una persona responsable y a una ubicación específica.

F2.2 Posibilidad de reasignar (responsable y ubicación) los activos.

F2.3 Debe permitir registrar los datos de los equipos, con los datos de la tabla 3. Solo el rol táctico puede modificar estos datos de los equipos, los profesores y el personal operativo deben tener la posibilidad de ver dicha información.

F2.4 Debe permitir registrar la información de las herramientas, con los datos de la tabla 4. Solo o no puede modificar la información de los equipos, el personal operativo debe tener la posibilidad de ver dicha información.

**Tabla 4***Datos de los equipos por registrar*

<b>Datos contables</b>	<b>Datos técnicos</b>	<b>Documentos de apoyo</b>
Nombre	Dimensiones	Documentación existente
Fecha de adquisición	Peso	(ruta de enlace)
Fecha de instalación	Condiciones de almacenaje	Registro fotográfico, videos
Fecha de puesta en marcha	Sistema operacional	(ruta de enlace)
Ubicación	Sistemas y subsistemas	Historial de reportes
Responsable	Partes y subpartes	Modos de falla identificados
Identificación (Número de inventario)	Variables técnicas	
Clase (elemento mayor, menor)	Prioridad/Criticidad	
Garantías (documento)		
Fabricante (datos de contacto)		
Proveedor (datos de contacto)		
Costos de adquisición		
Costos de instalación		
Costos de mantenimiento asociados		

**Tabla 5***Datos de las herramientas por registrar*

<b>Datos contables</b>	<b>Datos técnicos</b>
Nombre	Tipo de herramienta
Referencias complementarias	(manual, eléctrica, etc.)
Fecha de adquisición	Tipos de uso
Ubicación	Observaciones
Identificación (Número de inventario)	
Clase (elemento mayor, menor, etc.)	
Garantías (dato o documento)	
Fabricante (datos de contacto)	
Proveedor (datos de contacto)	
Responsable	
Cantidades existentes	
Costos de adquisición	

### 5.3.3.3 Gestión de recursos y fuerza laboral

F3.1 Debe poder registrarse los datos del personal, así como un registro de proveedores externos con los que se realizan o se realizaron actividades de mantenimiento.

### 5.3.3.4 Gestión de materiales e inventario.

F4.1 Debe permitir registrar la información de los materiales y repuestos, con los datos del listado de la tabla 5.

F4.2 El rol táctico debe poder asignar materiales o repuestos a cada orden de trabajo, al asignarlos debe modificarlos en su base de datos.

F4.3 El rol táctico debe poder establecer el inventario de materiales o repuestos mínimo, para evitar el desabastecimiento, creando alertas cuando se llegue a esos niveles.

F4.4 El rol operativo puede editar o hacer la solicitud de editar los materiales o repuestos asignados a cada orden de trabajo, en caso de que haya variaciones respecto a la planeación inicial.

## Tabla 6

*Datos de los materiales y repuestos por registrar*

<b>Datos contables</b>	<b>Datos técnicos</b>
Nombre	Características
Fecha de adquisición	Tipos de uso
Ubicación	Observaciones
Garantías (dato o documento)	
Proveedor (datos de contacto)	
Responsable	
Cantidades existentes	
Costos de adquisición	

### 5.3.3.5 Gestión de órdenes de trabajo

F5.1 Las ordenes de trabajo son asignadas al personal operativo, deben contener la siguiente información: prioridad, fecha de creación de orden, programación de orden, tipo de trabajo,

ubicación del activo, identificación del activo, datos del solicitante, recursos planeados, recomendaciones adicionales de seguridad y permisos requeridos.

F5.2 Para la creación de ordenes de trabajo existen 2 opciones: creación de solicitudes de mantenimiento (reportes) o planeadas de acuerdo con fechas.

F5.3 La creación de solicitudes de mantenimiento debe llevar el siguiente flujo: Creación de la solicitud, aprobación o rechazo de la solicitud, inspección o diagnóstico inicial, programación del trabajo / puesta en espera, reporte del trabajo, finalización de la solicitud y análisis, y evaluación, según las especificaciones de la tabla 6, donde se muestra a cargo de quién está cada tarea y a quién le debe generar la alerta.

### **Tabla 7**

*Flujo del proceso de solicitud de mantenimiento por reporte*

<b>Flujo del proceso</b>	<b>A cargo de:</b>	<b>Alerta a:</b>
Creación de la solicitud	Usuario	Táctico
Aprobación o rechazo de la solicitud	Táctico	Operario, usuario
Inspección o diagnóstico inicial	Operario	Táctico, usuario
Programación del trabajo / puesta en espera	Táctico	Operario, usuario
Reporte del trabajo	Operario	Táctico
Finalización de la solicitud y análisis	Táctico	Usuario
Evaluación de la solicitud	Usuario	Táctico

F5.4 Los usuarios deben tener la posibilidad de elegir las preferencias en las notificaciones (si desean recibir o no en determinada tarea).

F5.5 La programación de mantenimiento preventivo debe llevar el siguiente flujo: programación del trabajo, reporte del trabajo, finalización de la solicitud y análisis, según las especificaciones de la tabla 7, donde se muestra a cargo de quién está cada tarea y a quién le debe generar la alerta.

**Tabla 8***Flujo del proceso de solicitud de mantenimiento planeado*

<b>Flujo del proceso</b>	<b>A cargo de:</b>	<b>Alerta a:</b>
Programación del trabajo	Táctico	Operario, usuario*
Reporte del trabajo	Operario	Táctico
Finalización de la solicitud y análisis	Táctico	Usuario*
Evaluación de la solicitud	Usuario	Táctico

\*No todas las actividades de mantenimiento preventivo generarán alerta al usuario.

F5.6 Al crear una solicitud, se deben incluir las opciones de solicitud de mantenimiento proactivo o correctivo, así mismo asignarle una prioridad, que puede ser modificada por el rol táctico.

F5.7 Los usuarios deben tener la posibilidad de hacer consultas filtrando de acuerdo con criterios como tipo, prioridad, fechas de creación, fechas de finalización, ubicación, equipo, solicitante, operario, estado (en curso o finalizada).

F5.8 El rol táctico debe tener la posibilidad de hacer consulta de las solicitudes de todos los usuarios, utilizando los criterios mencionados.

F5.9 Posibilidad de consultar el estado de una solicitud cuando se desee, sin importar el estado.

F5.10 Posibilidad de crear ordenes de trabajo automáticamente de las actividades preventivas según la frecuencia.

### **5.3.3.6 Gestión de mantenimiento preventivo**

F6.1 Como se mencionó previamente, las ordenes de trabajo de mantenimiento preventivo, se programarán de acuerdo a una frecuencia definida, ya sea fechas o según uso (horómetro).

F6.2 Posibilidad de consultar calendario con actividades planeadas, así mismo crear actividades en una fecha específica del calendario.

F6.3 Debe permitir generar avisos previos y posteriores a la realización de una actividad.

F6.4 Debe permitir reprogramación de actividades y llevar un indicador de reprogramaciones.

### **5.3.3.7 Informes, análisis y auditorías**

F7.1 Permitir generar gráficos y estadísticas respecto a costos según activos, actividades específicas, según periodos de tiempo, tipo de mantenimiento.

F7.2 Permitir generar gráficos y estadísticas respecto a cantidad de solicitudes atendidas, tipos, ubicación, solicitante, operario, fecha o rango de fechas, calificación de órdenes, tiempo entre creación de solicitud y cierre y permitir crear nuevas estadísticas.

F7.3 Permitir generar gráficos y estadísticas de indicadores de mantenimiento, a los equipos a los que aplique (MTBF, MTTR)

## **5.4. Adquisición, adecuación y configuración del hardware**

Para definir el hardware requerido, se utilizaron tanto consideraciones del grupo de trabajo como de requerimientos de oferentes comerciales.

### ***5.4.1 Equipo de cómputo.***

Para los usuarios, personal operativo y personal táctico se hace necesario que cuenten con un computador de escritorio con acceso a internet, esto actualmente ya se cumple, debido al desarrollo de los procesos misionales actuales. Así mismo, en el caso de los dispositivos móviles, se evaluó que se pueden utilizar equipos personales para el apoyo del proceso.

Para el desarrollo de un sistema de información propio, o para la adquisición de uno comercial sin contratar la administración del servidor, se necesitaría un servidor con capacidad de procesamiento de 3 GHz o superior, sistema operativo Windows Server 2012 R2 o superior o SUSE Linux Enterprise Server v12 o superior.

#### ***5.4.2 Sistemas de redes de comunicación.***

Para la conectividad entre los diferentes usuarios del sistema de información se tiene previsto usar la arquitectura de redes existente, que garantiza la conexión a internet en todos los espacios de la Escuela de Ingeniería Mecánica.

### **5.5 Sistema informático**

Se trata de la instalación del sistema de información en el hardware.

#### ***5.5.1. Desarrollo de un nuevo sistema de información***

Para esto, es necesario la creación e instalación de la base de datos, en este caso no es un requerimiento funcional de la organización, por ello no se define y se deja a criterio del desarrollador. Posteriormente se debe parametrizar el software y diseñar y desarrollar la interfase de usuario, para ello se deben tener las preferencias de la organización, mencionadas previamente.

#### ***5.5.2. Instalación de un sistema de información existente***

Inicialmente se debe realizar el análisis del sistema de información, basado en criterios técnicos y financieros. Debido a que en el mercado existen demasiadas alternativas, se realizó una búsqueda y se tuvieron en cuenta 25 de estos, posteriormente se hizo una validación de cumplimiento de los siguientes criterios y se consolidó la información en la tabla 8, los cuales fueron definidos por el grupo de trabajo de la organización, descartando los que no cumplan cualquiera de los criterios.

- No se tendrán en cuenta alternativas gratuitas, sin importar si cumplen o no los requerimientos, debido a que no existiría relación contractual que pueda garantizar la protección de la información de la organización.
- Debido a procesos ya establecidos en la organización, solo se tendrán en cuenta funcionalidades de CMMS o GMAO, es decir no se tendrán en cuenta aquellos cuyas funcionalidades no

alcancen o excedan los requerimientos de la organización, teniendo presente que hay sistemas de información que son ofrecidos de forma modular, adaptándolo a las necesidades de los clientes.

- El sistema de información debe tener versión en español.
- El costo total de adquisición, suscripción y servicio anual debe ser menor a 4000 USD (COP \$16.000.000) anuales.
- El proveedor debe tener oficina o representante autorizado en Colombia para facilitar el soporte técnico.

**Tabla 9***Verificación de cumplimiento de los criterios iniciales planteados*

ALTERNATIVA	CMMS/GMAO	ESPAÑOL	COSTO	OF. / REP. COLOMBIA
<b>AM-WINSOFTWARE</b>	SI	SI	SI*	SI
ASSET PANDA	SI	SI	SI	NO
DATASTREAM 7I	NO			
EMAINT	SI	SI	NO	
EZO CMMS	SI	SI	NO	
FACILWORKS	SI	SI	N.P.	SI
FRACTAL	SI	SI	NO*	
IBM MAXIMO	SI	SI	NO	
IFS ULTIMO	SI	SI	NO	
<b>INFOMANTE</b>	SI	SI	N.P.	SI
INFRASPEAK	SI	SI	NO	
LIMBLE CMMS	SI	SI	NO	
MAINSAVER	SI	SI	NO	
<b>MANTUM</b>	SI	SI	SI*	SI
MANWINWIN	SI	SI	NO	
MATRIX ENGINE	SI	SI	NO	
<b>MP TOTAL</b>	SI	SI	SI	SI
MVP PLANT	SI	SI	NO	
ORACLE EAM	SI	SI	NO	
SAP - PM	SI	SI	NO	
SIVCO COSWIN	SI	NO	NO	
SUITE PROMETHEUS	SI	SI	NO	
TABWARE EAM	SI	SI	NO	
TEROTAM	NO			
UPKEEP	SI	SI	NO	

\*Costo obtenido a través de asesoría personalizada, debido a que no fue posible verificar este criterio a través de su página web. (N.P: No presentó)

Para las alternativas que cumplieron los primeros cuatro criterios, se va a realizar la verificación de las funcionalidades requeridas que fueron definidas en el capítulo 5, y se recopiló en la tabla 9.

**Tabla 10***Verificación de cumplimiento de las funcionalidades requeridas*

REQUERIMIENTO	AM-WIN SOFTWARE	MANTUM	MP TOTAL
R1.1	C	C	C
R1.2	C	C	C
R1.3	C	C	N
R1.4	C	C	C
R1.5	C	C	C
R1.6	C	C	C
R1.7	C	C	C
R2.1	P	C	P
R2.2	P	C	P
R2.3	C	C	C
R2.4	C	C	C
R3.1	C	C	C
R4.1	C	C	C
R4.2	C	C	C
R4.3	C	C	C
R4.4	C	C	C
R5.1	C	C	C
R5.2	C	C	C
R5.3	C	C	C
R5.4	C	C	C
R5.5	C	C	C
R5.6	C	C	C
R5.7	C	C	C
R5.8	C	C	C
R5.9	C	C	C
R5.10	C	C	C
R6.1	C	C	C
R6.2	C	C	C
R6.3	C	C	C
R6.4	C	C	C
R7.1	C	C	C
R7.2	C	C	C
R7.3	C	C	C
PORCENTAJE CUMPLIMIENTO (C)	93,4%	100%	90,1%

\*Se usó la escala Cumple: C, Cumple parcialmente: P y No cumple: N.

Los requerimientos generales fueron considerados como obligatorios, es decir, que cualquier no cumplimiento de ellos hace que se descarte dicha alternativa. En este caso la opción de “MP TOTAL” no les pide a los solicitantes (usuarios) credenciales para el acceso al sistema de

información, sería necesario pagar la suscripción de cada usuario, por tal razón no cumple este requerimiento general y será descartado.

Una vez seleccionadas las opciones comerciales que se ajustan a la organización, se hará la evaluación de las alternativas ya mencionadas, utilizando una calificación de 1 a 4, siendo 4 lo más conveniente y 1 lo menos conveniente para la organización.

**Tabla 11**

*Evaluación de alternativas comerciales*

Parámetro	Adquisición	
	AM -WS	MANTUM
Cumplimiento de requisitos	4	5
Costo inversión inicial	5	4
Costo licenciamiento	5	4
Costo asesorías	5	4
Confiabilidad de la operación del sistema	5	5
Tiempo de respuesta y soporte	5	5
TOTAL	29	27

Como conclusión a la selección de un sistema de información comercial ya existente, la mejor alternativa sería la selección del sistema AM-Winsoftware, solicitando al proveedor la parametrización del sistema, de tal forma que se le de cumplimiento total a las funcionalidades que en la evaluación tuvieron cumplimiento parcial.

Una vez culminado el proceso de adquisición y el proceso contractual con el proveedor, se debe realizar la instalación en la base de datos y parametrización del software.

### **5.6 Ajuste con los procesos a ser implementados**

Se refiere a la integración entre la instalación del software y los procesos que se requieren en la organización, estos procesos de secuencia de una orden de trabajo por solicitud de mantenimiento y por mantenimiento preventivo fueron definidos en el título 5.3.

### **5.7 Migración y/o cargue de la información del cliente**

Para llevar a cabo este proceso es necesario personal que tenga conocimiento previo de las fuentes de información de los equipos, herramientas, repuestos y materiales, proveedores y del personal de mantenimiento. Se espera que este proceso se lleve a cabo en corto tiempo, para evitar gran cantidad de cambios mientras se lleva a cabo el cargue de la información. La cantidad de tiempo necesaria depende de las facilidades de migración del sistema desarrollado o del sistema adquirido.

### **5.8 Entrenamiento sobre el uso del software**

Se debe realizar el entrenamiento de los procesos que se llevan a cabo en el sistema de información a cada rol. Si se realiza la adquisición de un sistema de información comercial, el proveedor tiene estructurado su plan de capacitación, y tienen definido como base un total de 40 horas para ello. En caso del desarrollo, una posible metodología para el entrenamiento es hacerlo por cada tipo de rol.

### **5.9 Plan de comunicaciones y sensibilización respecto al nuevo software**

Dentro del entrenamiento sobre el uso del software, se debe realizar una socialización sobre la importancia del uso del software teniendo en cuenta que los objetivos de comunicación son

respecto a los beneficios de la implementación, así mismo de involucrar a todos los miembros de la organización en sus diferentes roles.

#### **5.10 Pruebas en ambiente de desarrollo**

En caso de que se vaya a desarrollar el sistema de información, estas pruebas se hacen con el objetivo de verificar el funcionamiento del software, lo que se realiza es probar y validar las diferentes funcionalidades y el rendimiento del software por parte del equipo de desarrollo.

En caso de que se adquiera el sistema de información comercial, estas pruebas son realizadas por el proveedor internamente como mantenimiento a su software.

#### **5.11 Pruebas en ambiente de producción**

Se deben realizar las pruebas iniciales para asegurar un correcto funcionamiento en el contexto operacional propio de la organización. Es decir, simular los procesos cotidianos de la organización, los cuales fueron definidos en el título 5.3, y verificar el funcionamiento del sistema de información.

#### **5.12 Inicio de operaciones**

Es la implementación del sistema de información dentro de la organización de acuerdo a las políticas y procedimientos establecidos, es decir, que quede establecido en el desarrollo de los procesos de la organización.

#### **5.13 Acompañamiento durante un tiempo**

En los pasos iniciales de implementación, es necesario el acompañamiento del proveedor o del equipo de desarrollo para solucionar dudas o resolver situaciones particulares en el desarrollo de los procesos de la organización bajo las nuevas políticas.

Es necesario que en el proceso contractual se encuentre definido este servicio de asesoría post - implementación incluido en el desarrollo o compra del sistema de información.

#### **5.14 Soporte técnico permanente**

En el desarrollo de los procesos de la organización se van a presentar situaciones que requieren del apoyo del equipo de desarrollo o proveedor del sistema de información, en el análisis técnico y financiero de los sistemas de información comerciales se solicitó la oferta de asesoría del producto, en el proceso contractual se debe definir que se garantice la disponibilidad de asesoría por al menos 1 año después de la implementación del sistema con el costo pactado.

## 6. Conclusiones

Se realizó el diseño de un sistema de información computarizado para la gestión de mantenimiento en la escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander.

Se definió el proceso, recursos y la información que se maneja en la función mantenimiento de la Escuela de Ingeniería Mecánica para identificar recursos disponibles y necesidades. (capítulo 3)

Se definieron los requerimientos de información, recursos tecnológicos, humanos y procedimientos del sistema de información computarizado para la gestión de mantenimiento. (capitulo 4)

Se definieron las funcionalidades y sus alcances en el sistema de información computarizado para la gestión de mantenimiento. (capitulo 5)

Se establecieron los procedimientos para la implementación del sistema de información de mantenimiento a los procesos de la Escuela de Ingeniería Mecánica. (7)

## **7. Recomendaciones**

Para la implementación de un sistema de información, se recomienda seguir las necesidades de la organización, puesto que se tuvo en cuenta los diferentes actores (usuarios, nivel operativo, táctico y estratégico)

### Referencias Bibliográficas

- Bagadia, Kishan. (2006) *Computerized Maintenance Management Systems Made Easy*. McGraw-Hill Professional.
- Cohen, K., et. al., *Sistemas de Información para los Negocios.*, McGraw Hill., 2005.
- International Business Machines Corporation (s.f.). <https://www.ibm.com/mx-es/topics/what-is-a-cmms#>:
- Fuentes, D. (2015). *SISTEMAS DE INFORMACIÓN EN MANTENIMIENTO*. Notas de clase.
- Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2016). *SISTEMAS DE INFORMACION GERENCIAL* (14ed.). Pearson.
- Mobley, R. K. (2014). *Maintenance engineering handbook* (8 ed.). McGraw Hill Education.
- O'Brien, J. A. & Marakas, G. M. (2006) *Sistemas de Información Gerencial: Administración de la Empresa Digital* (7ed.). McGraw Hill.
- Wienker, M. (2016). *The Computerized Maintenance Management System: An essential Tool for World Class Maintenance*.

## Apéndices

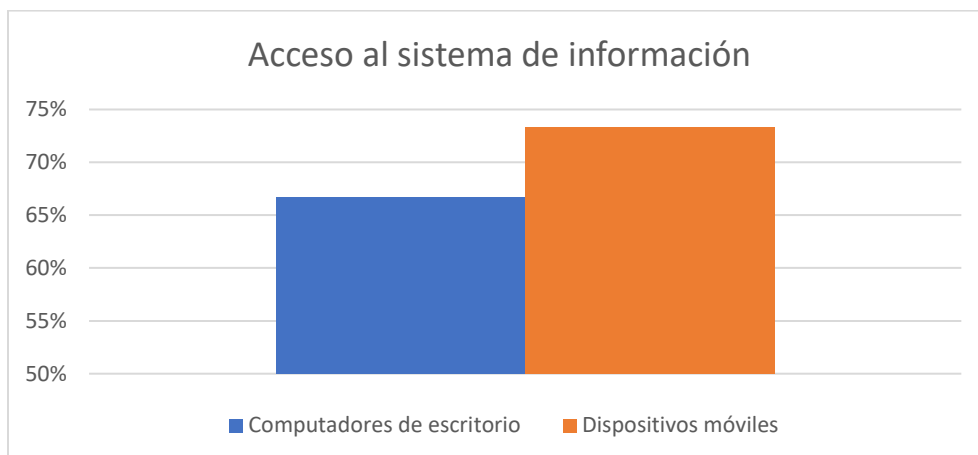
### Apéndice A. Resultados obtenidos de las preferencias de los usuarios

Se aplicó una encuesta a los usuarios de la Escuela de Ingeniería Mecánica, obteniendo los siguientes resultados:

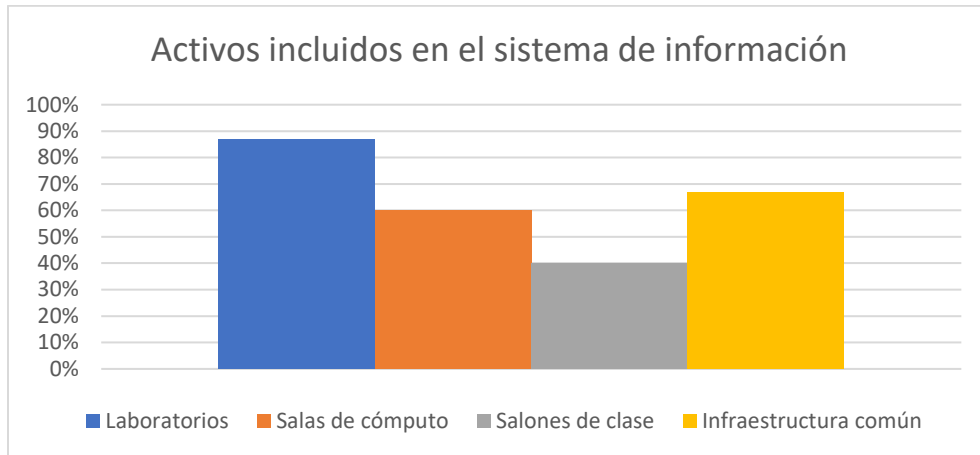
¿Cuál considera que es su preferencia el entorno preferido para el sistema de información?



Respecto al acceso al sistema de información, desea acceder desde



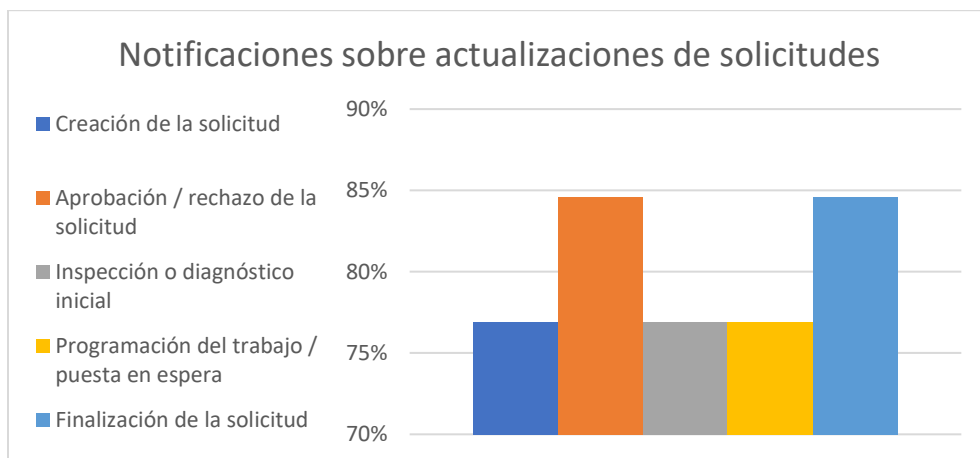
Considera necesario incluir los activos pertenecientes a:



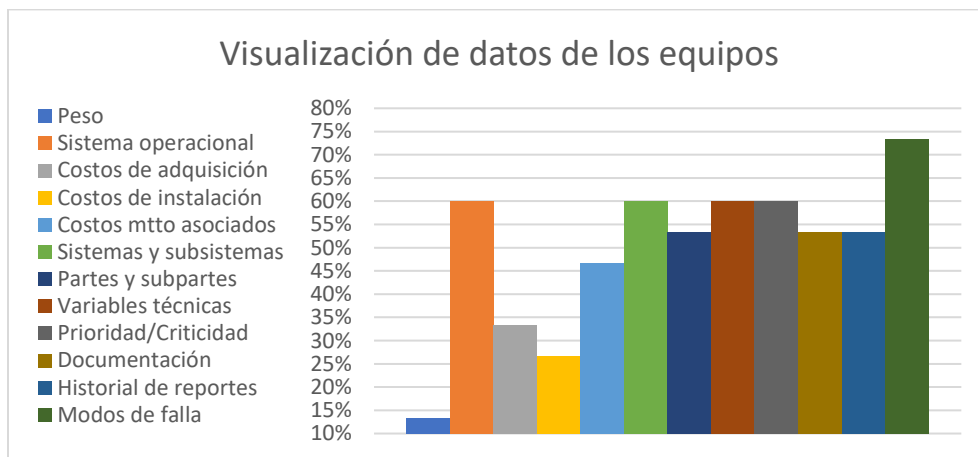
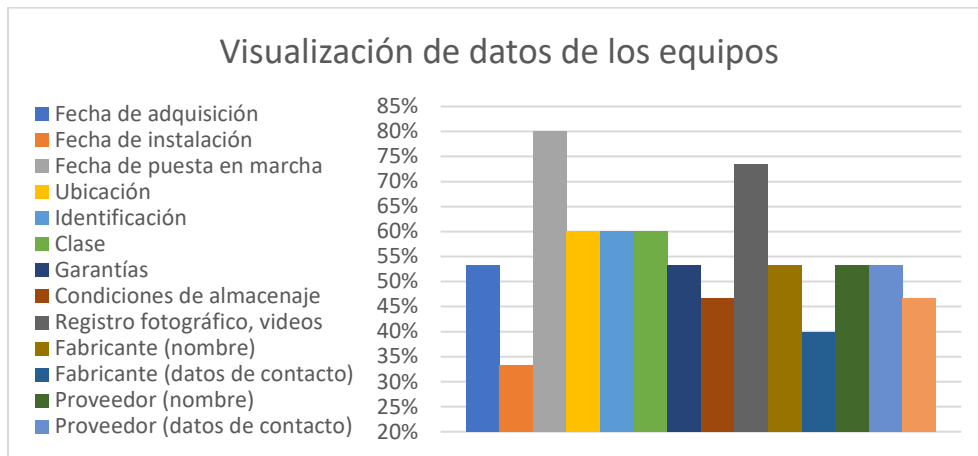
¿Le gustaría recibir notificaciones sobre las actualizaciones de sus solicitudes de mantenimiento?



Si su respuesta anterior fue sí, seleccione las etapas de una solicitud de mantenimiento en las cuales considera que debería generar una alarma para su visualización:



¿Qué información de los equipos desearía tener la posibilidad de visualizar en el sistema de información?

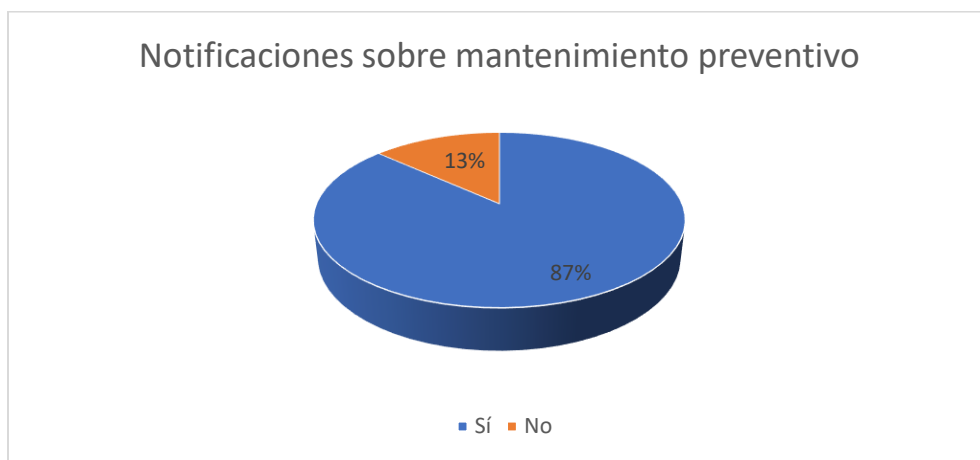


Los datos que los usuarios desean tener la posibilidad de ver respecto a los activos son:

- Fecha de adquisición.
- Fecha de puesta en marcha.
- Ubicación.
- Identificación (Número de inventario).
- Clase (elemento mayor, menor, etc.)
- Garantías.
- Registro fotográfico, videos (ruta de enlace).
- Fabricante (nombre).
- Proveedor (nombre).
- Proveedor (datos de contacto).
- Dimensiones.
- Costos de mantenimiento asociados.

- Sistema operacional: (Mecánico, hidráulico, etc.).
- Sistemas y subsistemas.
- Partes y subpartes.
- Variables técnicas.
- Prioridad/Criticidad.
- Documentación (ruta de enlace).
- Historial de reportes.
- Modos de falla identificados

¿Le gustaría recibir notificaciones sobre la programación de mantenimiento preventivo de los equipos bajo su responsabilidad?



### **Apéndice B. Resultados obtenidos de las preferencias del personal operativo**

Los datos que el 100% del personal operativo desean tener la posibilidad de ver respecto a los activos son:

- Fecha de adquisición.
- Fecha de instalación.
- Fecha de puesta en marcha.
- Ubicación.
- Identificación (Número de inventario).
- Clase (elemento mayor, menor, etc.)
- Garantías.
- Condiciones de almacenaje.
- Registro fotográfico, videos (ruta de enlace).
- Fabricante (nombre).
- Fabricante (datos de contacto).
- Proveedor (nombre).
- Proveedor (datos de contacto).
- Dimensiones.
- Peso.
- Sistema operacional: (Mecánico, hidráulico, etc.).
- Sistemas y subsistemas.
- Partes y subpartes.
- Variables técnicas.
- Prioridad/Criticidad.
- Documentación (ruta de enlace).
- Historial de reportes.
- Modos de falla identificados.

Los datos que el personal operativo desea tener la posibilidad de ver respecto a la gestión de herramientas y repuestos son:

Herramientas:

- Nombre.
- Referencias complementarias.
- Identificación (Número de inventario)
- Clase (elemento mayor, menor, etc.)
- Cantidades existentes.
- Tipos de uso.
- Ubicación.

- Responsable.
  - Fabricante.
  - Proveedor (nombre y datos de contacto).
  - Fecha compra.
  - Costo unitario de adquisición. \*
  - Observaciones.
  - Periodo de garantía.
  - Tipo de herramienta (manual, eléctrica, etc.).
- Repuestos:
- Nombre.
  - Características.
  - Cantidades existentes.
  - Ubicación.
  - Fabricante.
  - Proveedor (nombre y datos de contacto).
  - Fecha compra.
  - Costo unitario de adquisición. \*
  - Observaciones.
  - Periodo de garantía

\*El 50% del personal operativo desea tener la posibilidad de ver este dato.

Para la gestión de órdenes de trabajo, el personal operativo desea tener la posibilidad de ver todos los datos propuestos:

- Prioridad.
- Fecha de creación de orden.
- Programación de orden.
- Tipo de trabajo.
- Ubicación del activo.
- Identificación del activo.
- Datos del solicitante.
- Recursos planeados.
- Recomendaciones de seguridad.
- Permisos requeridos