

# PREVENTIVE MAINTENANCE MODEL TO IMPROVE MAINTENANCE MANAGEMENT IN A LABORATORY CENTER OF A SCHOOL OF ENGINEERING

Gloria Valdivia, Doctor<sup>1</sup>, Miguel Zegarra<sup>2</sup>, Jairo Ramos<sup>3</sup>, Kevin Aguilar<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>Ingeniería Industrial. Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Lima-Perú, [gvaldivia@uni.edu.pe](mailto:gvaldivia@uni.edu.pe)

<sup>2</sup>Ingeniería Industrial. Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Lima-Perú, [mzegarra@uni.pe](mailto:mzegarra@uni.pe)

<sup>3</sup>Ingeniería Industrial. Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Lima-Perú, [jairo.ramos.f@uni.pe](mailto:jairo.ramos.f@uni.pe)

<sup>4</sup>Ingeniería de sistemas. Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Lima-Perú, [kevin.aguilar.c@uni.pe](mailto:kevin.aguilar.c@uni.pe)

**Abstract-**In this article it is proposed to Design a Preventive Maintenance Management Model (hereinafter MGMP) for the facilities of the Center for Academic Laboratories "Sector O" of the Faculty of Industrial and Systems Engineering of the UNI. The MGMP will be effective, efficient and timely, that is, it will be aligned with the objectives of the licensing and the SIEF Quality System, achieved before the pandemic. It will seek to improve the effectiveness of maintenance. Likewise, activities are proposed that will improve the key indicators of the maintenance process, which will be identified. In addition, to generate a robust and effective maintenance model, factors related to the availability of resources and their respective management will be considered.

The methodology used to develop the model consists of four stages: first, the diagnosis of Maintenance Management in the FIIS, specifically in the FIIS Laboratory Center. In the second stage, the activities necessary for the execution of preventive maintenance are identified and the history of activity execution frequencies is reviewed. In the third stage, the maintenance program is defined, which will be aligned with the quality system and the SIEF maintenance plan. In the fourth stage, Model for Preventive Maintenance Management will be designed, which will have as components a 5S system, the PHVA and a Maintenance Program. The proposed MGMP will allow optimization of human and material resources, as well as compliance with the objectives of the Quality System. Finally, a dissemination and awareness program were carried out for the implementation of the Model, which must continue.

**Key words--** Maintenance, Preventive Maintenance Program, 5S

**Digital Object Identifier:** (only for full papers, inserted by LACCEI).  
**ISSN, ISBN:** (to be inserted by LACCEI).  
**DO NOT REMOVE**

# PREVENTIVE MAINTENANCE MODEL TO IMPROVE MAINTENANCE MANAGEMENT IN A LABORATORY CENTER OF A SCHOOL OF ENGINEERING

## MODELO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EN UN CENTRO DE LABORATORIOS DE UNA FACULTAD DE INGENIERÍA

Gloria Valdivia, Doctor<sup>1</sup>, Miguel Zegarra<sup>2</sup>, Jairo Ramos<sup>3</sup>, Kevin Aguilar<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>Ingeniería Industrial. Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Lima-Perú, gvaldivia@uni.edu.pe

<sup>2</sup>Ingeniería Industrial. Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Lima-Perú, mzegarra@uni.pe

<sup>3</sup>Ingeniería Industrial. Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Lima-Perú, jairo.ramos.f@uni.pe

<sup>4</sup>Ingeniería de sistemas. Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Lima-Perú, kevin.aguilar.c@uni.pe

*Resumen—En el presente artículo se propone Diseñar un Modelo de Gestión de Mantenimiento Preventivo (en adelante MGMP) para las instalaciones del Centro de Laboratorios Académicos “Sector O” de la Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas de la UNI. El MGMP será eficaz, eficiente y oportuno, es decir, estará alineado con los objetivos del licenciamiento y del Sistema de Calidad de la FIIS, logrados antes de la pandemia. Se buscará mejorar la efectividad del mantenimiento. Asimismo, se proponen actividades que permitirán mejorar los indicadores claves del proceso de mantenimiento, que se van a identificar. Además, para generar un modelo de mantenimiento robusto y eficaz se considerarán factores relacionados con la disponibilidad de recursos y su respectiva gestión.*

*La metodología utilizada para desarrollar el modelo consta de cuatro etapas: primero el diagnóstico de la Gestión del mantenimiento en la FIIS, específicamente en el Centro de Laboratorios de la FIIS. En la segunda etapa, se identifican las actividades necesarias para la ejecución del mantenimiento preventivo y se revisa el histórico de frecuencias de ejecución de actividades. En la tercera etapa se define el programa de mantenimiento, el mismo que estará alineado al sistema de calidad y el Plan de mantenimiento de la FIIS. En la cuarta etapa, se diseñará el Modelo para la Gestión del Mantenimiento Preventivo, que tendrá como componentes un sistema 5S, el PHVA y un Programa de Mantenimiento. El MGMP propuesto permitirá optimizar los recursos humanos y materiales, así como cumplir con los objetivos del Sistema de Calidad. Finalmente, se ejecutó un programa de difusión y sensibilización para la implementación del Modelo, el cual debe continuar.*

*Palabras clave-- Mantenimiento, Programa de Mantenimiento Preventivo, 5S.*

*Abstract-In this article it is proposed to Design a Preventive Maintenance Management Model (hereinafter MGMP) for the facilities of the Center for Academic Laboratories "Sector O" of the Faculty of Industrial and Systems Engineering of the UNI. The MGMP will be effective, efficient and timely, that is, it will be aligned with the objectives of the licensing and the SIEF Quality System, achieved before the pandemic. It will seek to improve the effectiveness of maintenance. Likewise, activities are proposed that will improve the key indicators of the maintenance process, which will be identified. In addition, to generate a robust and effective maintenance model, factors related to the availability of resources and their respective management will be considered.*

*The methodology used to develop the model consists of four stages: first, the diagnosis of Maintenance Management in the FIIS, specifically in the FIIS Laboratory Center. In the second stage, the activities necessary for the execution of preventive maintenance are identified and the history of activity execution frequencies is reviewed. In the third stage, the maintenance program is defined, which will be aligned with the quality system and the SIEF maintenance plan. In the fourth stage, Model for Preventive Maintenance Management will be designed, which will have as components a 5S system, the PHVA and a Maintenance Program. The proposed MGMP will allow optimization of human and material resources, as well as compliance with the objectives of the Quality System. Finally, a dissemination and awareness program were carried out for the implementation of the Model, which must continue.*

*Key words-- Maintenance, Preventive Maintenance Program, 5S*

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

La Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas (FIIS), forma parte de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), que recientemente ha empezado la implementación de la gestión estratégica y ha definido como visión la de “Ser líder en Latino América por la excelencia de sus profesionales y por su contribución al desarrollo de la sociedad”; sin embargo, esto se da en un contexto caracterizado por la desconexión entre la universidad, la sociedad, y escaso presupuesto por parte del estado, que no permite adecuados programas de mantenimiento. A raíz de la implementación de la nueva Ley Universitaria, se han percibido algunas mejoras en el aspecto de gestión sin embargo no se cristalizan en el campo técnico. Se maneja un control de gestión mayor y se genera en algunos casos, como el de la FIIS, recursos propios que permiten crear nuevos laboratorios e ir implementándolos con equipos de última tecnología, sin embargo, no se prevén los presupuestos para un adecuado mantenimiento.

En la FIIS ha constituido un reto afrontar dicha “situación problemática”, corrigiendo en gran parte la deformación de los fines de la universidad, tal como lo afirmaran Nicolás Lynch y Zenón Depaz.

La FIIS tiene una Cultura Organizacional que se acerca a fuerte, la enuncia como: “Una Comunidad académica, científica, tecnológica y humanista, interconectada al mundo, sustentada en valores éticos y morales, que promueve la creatividad, la excelencia académica, el trabajo en equipo, la solidaridad, el respeto mutuo y la disposición al cambio, con personal motivado, identificado y con vocación de servicio”. Sustentada en los valores de: Integración, creatividad, responsabilidad social, excelencia y ética; lo que constituye otro reto a ser manejado permanentemente.

Es así, que actualmente en la Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas se realiza mantenimiento del tipo reactivo, no planificado; es decir, los mantenimientos se realizan cuando se presentan las fallas en los equipos estando esto no planificado y se realiza por prioridades de emergencia tratando de dar rápida solución a estos problemas, esta situación hace que los servicios en equipos e instalaciones utilizados por la comunidad universitaria, estudiantes, docentes y personal administrativo, se vean interrumpidos intempestivamente generando malestar en los usuarios que demandan un servicio de calidad.

Se evidencia además la carencia de un adecuado sistema de gestión de mantenimiento que permita planificar, programar y llevar a cabo las actividades de la función de mantenimiento en el área de Servicios Generales de la FIIS.

Siendo la planificación el primer paso para una buena gestión y encontrando que no se planifica el mantenimiento debido a que no hay un personal administrativo que lo haga y que esta responsabilidad está a cargo del técnico del laboratorio de automatización y del encargado de servicios generales de la facultad, quienes por su experiencia de años de servicio lo hacen, pero como correctivo planificado en la mayoría de los casos.

Se presenta un análisis causa efecto del problema de falta de planificación en la FIIS, lo que sirve también de base para la presente investigación.

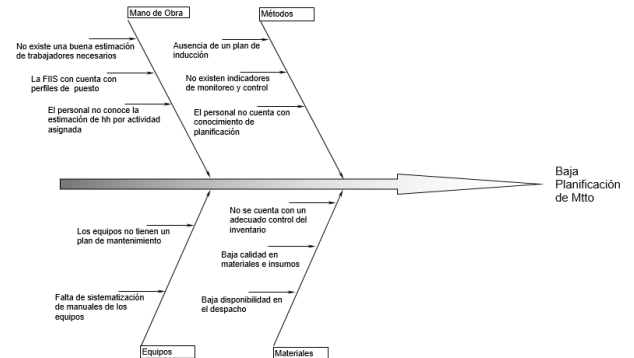


Fig. 1 Diagrama causa-efecto de la planificación

Fuente: *Elaboración propia*

FORTALEZAS	DEBILIDADES
<ul style="list-style-type: none"> <li>Estructura organizacional integrada.</li> <li>Poco número de organismos y actividades.</li> <li>Buena satisfacción de los estudiantes.</li> <li>Alto nivel de pericia en trabajadores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Falta de promoción de los servicios.</li> <li>Fallas en la asignación y gestión de recursos, materiales y equipos.</li> <li>Baja calidad en los servicios.</li> <li>Mala ejecución del presupuesto.</li> <li>Bajo nivel de financiamiento</li> <li>Baja remuneración y beneficios.</li> <li>Falta de sistemas de información integrados.</li> <li>Brecha en infraestructura de telecomunicaciones.</li> <li>Porcentaje mínimo de inversión.</li> <li>Bajo índice de investigación.</li> </ul>
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>Alta Seguridad jurídica.</li> <li>Política de inversión del Estado.</li> <li>Aumento en la Tasa de crecimiento poblacional.</li> <li>Formación técnica de mayor nivel.</li> <li>Mayor Responsabilidad social.</li> <li>Mejoras e innovaciones tecnológicas considerables.</li> <li>Financiamiento de entidades en equipamientos.</li> <li>Control en la Protección del medio ambiente</li> <li>Crecimiento en la cultura de reciclaje</li> <li>Existencia de certificaciones nacionales</li> <li>Legislación laboral estable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Baja Estabilidad Política.</li> <li>Alta Corrupción.</li> <li>Bajo PBI nacional.</li> <li>Aumento en la Tasa de inflación.</li> <li>Alto Costo en mano de obra.</li> <li>Alto Nivel en la informalidad.</li> </ul>

Fig. 2. Análisis FODA de la Gestión de Mantenimiento en la FIIS

Fuente: *Elaboración propia*

## 1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS

No existe en el Centro de Laboratorios de la FIIS un sistema de gestión de mantenimiento que permita planificar, programar y llevar a cabo las actividades de la función de mantenimiento por parte del personal técnico y de limpieza de la facultad. La FIIS no cuenta con información histórica de mantenimientos realizados ni recursos utilizados.

## 1.3. DELIMITACION DEL ESTUDIO

La presente investigación limitará su alcance al área de servicios de la FIIS y sus actividades en el Centro de laboratorios de la FIIS, muy importante para prestar los servicios a los estudiantes. Sin embargo, los resultados obtenidos a partir de la investigación pueden ser aplicables a la realidad de cualquier otro laboratorio.

## 1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El problema general sería ¿De qué manera el modelo de Gestión de Mantenimiento FIIS mejorará la efectividad de la Gestión de Mantenimiento del Centro de Laboratorios y Desarrollo Tecnológico de la FIIS? Y los problemas específicos: 1. ¿De qué manera el modelo de Gestión de Mantenimiento FIIS mejorará la eficacia de la Gestión de Mantenimiento del Centro de Laboratorios y Desarrollo Tecnológico de la FIIS?, 2. ¿De qué manera el modelo de Gestión de Mantenimiento FIIS mejorará la eficiencia de la Gestión de Mantenimiento del Centro de Laboratorios y Desarrollo Tecnológico de la FIIS?, y 3. De qué manera el modelo de Gestión de Mantenimiento FIIS mejorará la calidad de servicio de la Gestión de Mantenimiento del Centro de Laboratorios y Desarrollo Tecnológico de la FIIS?

## 1.5. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS

Objetivo general sería Diseñar un modelo de Gestión de Mantenimiento FIIS para mejorar la efectividad de la Gestión de Mantenimiento del Centro de Laboratorios y Desarrollo Tecnológico de la FIIS.

## 1.6. CAPACITACIÓN SOBRE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

Se programaron, en coordinación con el Decano de la FIIS y el responsable de la Oficina de Servicios Generales de la facultad, cuatro capacitaciones, en las que se impartieron conocimientos de la gestión de mantenimiento y las 5Ss. Estas actividades de enseñanza-aprendizaje, tuvieron acogida por parte del personal operativo de mantenimiento de la FIIS.

## II. DE LA INVESTIGACIÓN

### 2.1. ANTECEDENTES

De acuerdo a Serrano quien desarrolló una investigación

con el objetivo de mejorar la productividad en mantenimiento del área de almacén, implementando técnicas que le permitan sostener y potenciar sus ventajas competitivas, con la aplicación del Kaizen y las 5'S, para lo cual se estableció un plan de mejora que permitió medir los resultados como una productividad de la cadena productiva, además de los beneficios y resultados obtenidos de ellos, encontró como resultado el aumento de la productividad en un 6.33% trayendo consigo beneficios económicos para la empresa, aumento de la eficacia en un 1.98% esto se hizo posible ya que el área de almacén está más ordenada y se tiene conocimiento del stock que maneja en el almacén y la mejora del tiempo trabajado por pedido en un 5.14% esto a consecuencia de que se implementó un orden específico para los productos que redujo el tiempo de preparación de pedidos y se optimizó el espacio disponible [1].

Castro Hidalgo, en su estudio se encuentra que uno de los objetivos trazados es demostrar la influencia en la eficiencia y eficacia de la aplicación del PHVA en el mantenimiento y la reducción de pérdidas de agua, usando la herramienta SPSS y el programa Excel para la estadística obteniendo como resultado que la productividad tuvo un incremento de un 24.31%, la eficacia un 12.9%, y la eficiencia de 27.14 %, lo que reflejó una reducción en las pérdidas de agua lo que finalmente se tradujo en ahorro económico para la empresa [2].

Padilla Salazar, en la implementación de un plan de mantenimiento con enfoque preventivo usando el modelo PHVA de mejora de procesos con el objetivo de asegurar el mayor porcentaje de disposición de su maquinaria en el momento que se le requiera, usando la matriz de criticidad y elaborando programas de mantenimiento, obtuvo como resultado que la implantación de un programa de mantenimiento la reducción de paradas en un 69.2% y a la vez reducción del gasto en la reparación de dicha maquinaria en S/. 362,596.30 en el periodo 2019 [3].

Miranda Ccora, propone una mejora de procesos para el área de servicios de mantenimiento usando la administración de procesos y el uso de las herramientas para el mejoramiento continuo, como son el ciclo PHVA, flujograma de procesos, diagrama de Pareto, diagrama de Causa Efecto y un programa analítico con el objetivo de mejorar el servicio brindado, tanto en tiempos y calidad hacia el cliente como también en costos que benefician a la organización, del cual obtuvo como resultado que la implantación de un programa de mejora continua reduciría el tiempo total del servicio de mantenimiento en 11.58 horas y a la vez reduciría el costo de mantenimiento anual en S/. 89 100. 00 [4].

Valdivia Camacho, hizo un estudio en los tres principales Parques Industriales de Perú, para

determinar el tipo y nivel del mantenimiento utilizado, observando directamente, y aplicando check list y cuestionarios a los gerentes, jefes y supervisores de mantenimiento, encontrando que un 40% de las empresas hacían sólo mantenimiento correctivo, y en muchas ocasiones no podían atender las emergencias debido al desorden, falta de clasificación y mal control de los repuestos en el almacén; concluyendo en la necesidad imperiosa de implantar Programas de Mantenimiento Preventivo y de capacitación [5].

Dufuaa A. y colaboradores, en su libro “Sistema de mantenimiento” se enfocan en el sistema integrado para el mantenimiento. Menciona que el mantenimiento de una planta debe tener mínimamente un pequeño grupo de personal de mantenimiento, el cual procure preservar la optimización de la producción sin que se vea afectada la seguridad de la planta. Para ello, proponen estrategias que, aplicados en combinaciones y de manera correcta, arrojarán buenos resultados. Entre las estrategias tenemos al Mantenimiento correctivo o por fallas, Mantenimiento de oportunidad, Detección de fallas, Modificación del diseño, Reparación general, Reemplazo y Mantenimiento preventivo con base en el tiempo o en el uso, es aquel mantenimiento planeado que es usado frente a fallas potenciales mientras que el Mantenimiento preventivo con base en las condiciones se realiza con conocimiento previos de las partes y/o fallas del equipo. [6]

García Garrido, en su Manual práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial recomienda gestionar la función del mantenimiento para optimizar el consumo de materiales y la mano de obra; por ello, es necesario conocer la importancia que tiene cada equipo dentro de la empresa para direccionar los recursos a ellos; sin embargo, no se debe dejar de lado el stock y consumo de materiales empleados en el mantenimiento. Por otro lado, recomienda incrementar la disponibilidad de los equipos evitando llegar a su máximo posible y procurando la interferencia de la indisponibilidad con el Plan de Producción. [7]

Villanueva Sandoval, propuso un modelo de gestión de mantenimiento con el objetivo de mejorar las prestaciones de activos en pro de la calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Universidad Libre, Bogotá. Para ello, se aplicaron técnicas de mantenimiento que permitieron tomar decisiones de tal manera que se mejoró la productividad y el tiempo de servicio. Se llevó a cabo el Análisis de Modos y Efectos de Fallas, la evaluación de relación costos-beneficios, el uso de un formato de Excel para la programación de actividades y los reportes; sin embargo, la información financiera no fue suficiente para el análisis costo-beneficio por lo que se realizó una curva aproximada teniendo como referencia un punto de equilibrio

estimado. Finalmente, se concluyó la importancia de implementar un plan de mantenimiento alcanzando un incremento en la productividad de un 21.2%, en la eficacia de un 10.1%, y en la eficiencia de un 25.3 % [8].

## 2.2. HIPÓTESIS

### 2.2.1. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

Hipótesis general

- El Modelo de Gestión de Mantenimiento FIIS mejorará la efectividad de la Gestión del Mantenimiento del Centro de Laboratorios y Desarrollo Tecnológico de la FIIS.

Hipótesis específicas

- El Modelo de Gestión de Mantenimiento FIIS mejorará la eficacia de la Gestión del Mantenimiento del Centro de Laboratorios y Desarrollo Tecnológico de la FIIS.
- El Modelo de Gestión de Mantenimiento FIIS mejorará la eficiencia de la Gestión del Mantenimiento del Centro de Laboratorios y Desarrollo Tecnológico de la FIIS.
- El Modelo de Gestión de Mantenimiento FIIS mejorará la calidad del servicio de la Gestión del Mantenimiento del Centro de Laboratorios y Desarrollo Tecnológico de la FIIS.

## 2.3. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

### 2.3.1. Variable independiente

- Modelo de Gestión de Mantenimiento FIIS

### 2.3.2. Variable dependiente

- La efectividad de la Gestión del Mantenimiento del Centro de Laboratorios y Desarrollo Tecnológico de la FIIS.

## 2.4. DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DEL CONTEXTO EN EL QUE SE DESARROLLA EL MANTENIMIENTO

La Facultad de Ingeniería industrial y de Sistemas (FIIS) está direccionada a la innovación y a una constante actualización científica y tecnológica, para contar con profesionales con base científica, sólidos principios éticos, morales, culturales y de protección ambiental. Complementando la calidad educativa, la facultad presenta ambientes educativos específicos para ingeniería, aulas y laboratorios los cuales deben permanecer en óptimas condiciones para poder desarrollar las labores propias de la formación en ingeniería industrial y en ingeniería de sistemas, sin embargo, se observan deficiencias en los ambientes e inexistencias de registro e información de actividades de mantenimiento ejecutadas; por lo que es necesario subsanar esta situación.

En el escenario post pandemia y con un evento de guerra entre Rusia y Ucrania, para Perú, el impacto si bien no es directo, sí se ve afectado por la crisis de la economía global, como el incremento en los precios del petróleo, el trigo y los cereales, que han influido de

manera directa en el aumento de los precios locales para transporte y alimentos, generando una inflación que en etapa de resiliencia merma la motivación de los trabajadores y debilita el Clima Organizacional, lo que requiere un seguimiento, refuerzo positivo, capacitación y entrenamiento. Lógicamente todo ello en el marco de una Gestión de Mantenimiento que tenga como objetivo mejorar la efectividad del Sistema. Actores de la FIIS vinculados al mantenimiento:

- Autoridades
- Docentes
- Alumnos
- Personal administrativo de servicios
- Personal de seguridad y de limpieza
- Personal de abastecimiento

Situación puntual del mantenimiento en la FIIS:

- Actualmente la Facultad no cuenta con un programa de mantenimiento.
- La facultad no tiene los recursos plenamente identificados.
- El personal encargado no tiene en cuenta los manuales al momento de realizar el mantenimiento de las maquinarias.
- No se cuenta con un plan adecuado de mantenimiento para los equipos del Área de Sistemas.
- El personal de limpieza no se encuentra capacitado para realizar sus actividades dentro del laboratorio.
- El laboratorio no cuenta con un
- La facultad no tiene un histórico acerca de los materiales o equipos que se utilizan
- No se cuenta con un control de fallo u ocurrencias.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. ENFOQUE, TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación es de enfoque cualitativo, del Tipo experimental, y de nivel de investigación Aplicado ya que, para proponer el Modelo de Gestión de Mantenimiento, se utiliza técnicas de diagnóstico aplicadas al mantenimiento y teorías ya existentes como las 5S y PHVA. El Diseño es cuasi experimental y se realizará pre y post test, aplicando con la técnica de encuesta el instrumento que hemos preparado que es un cuestionario, resultado de la operacionalización de variables.

#### 3.2. POBLACION Y MUESTRA

La población está compuesta por los trabajadores que intervienen en el servicio de mantenimiento del centro de laboratorios del sector O, básicamente según nuestra delimitación para el laboratorio de automatización El tamaño muestral es igual al de la población, estratificados en técnicos y personal de servicios

#### 3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

El procedimiento se desarrolló a través de reuniones permanentes con el equipo de investigación, de talleres de capacitación, entrevistas, meetings y reuniones de trabajo.

En la primera etapa se entrevistó al decano y al responsable de servicios generales para conocer su opinión de la situación actual y sus necesidades.

##### 3.3.1. REUNIONES CON STAKEHOLDERS

Se realizaron reuniones con el decano de la facultad para identificar sus requerimientos. Asimismo, se realizaron con el jefe de la Oficina de Servicios Generales para identificar la situación actual del mantenimiento de la FIIS. Se llegó a la conclusión de que es importante desarrollar un modelo de gestión que permita un trabajo profesional en un entorno de efectividad.

##### 3.3.2. CUESTIONARIO CON ACTORES

Se preparó el siguiente cuestionario para aplicarlo a la muestra; como resultado de la operacionalización de variables.

INDICADORES	PREGUNTAS	a)	b)	c)	d)	e)
1.1.1. Porcentaje de mantenimiento planificado	¿Cuánto es el porcentaje de mantenimiento planificado respecto al no planificado?	0-80%	81-70%	71-80%	81-90%	91-100%
1.1.2. Número de Ordenes de trabajos atendidas	¿Qué cantidad de órdenes de trabajo pudo atender respecto al total?	0-20%	21-40%	41-60%	61-80%	81-100%
1.1.3. Número de Ordenes de trabajos pendientes	¿Qué cantidad de órdenes de trabajo no pudo atender respecto al total?	81-100%	61-80%	41-60%	21-40%	0-20%
1.1.4. Calidad de material	¿Qué cantidad de lo comprado, considera Ud., que son de baja calidad?	81-100%	61-80%	41-60%	21-40%	0-20%
2.1.1. Cumplimiento del tiempo programado para O/T	¿Ud. Cumple el plazo programado para las órdenes de trabajo solicitadas?	No se puede	Casi nunca	A veces	Casi siempre	Siempre
2.1.2. Disponibilidad de materiales	¿Ud. Considera que se tiene una disponibilidad inmediata de los materiales en el momento que se requiera?	No se puede	Casi nunca	A veces	Casi siempre	Siempre
2.1.3. Control de desperdicios	¿Qué cantidad del material utilizado, considera Ud., que termina como desperdicio?	0-20%	21-40%	41-60%	61-80%	81-100%
2.1.4. Talento humano	¿Qué cantidad de la capacidad del personal, considera Ud., que se termina aprovechando?	0-20%	21-40%	41-60%	61-80%	81-100%
3.1.1. Satisfacción en clientes	¿Ud. Considera que se tiene una alta satisfacción por parte del cliente en sus requerimientos?	No se puede	Casi nunca	A veces	Casi siempre	Siempre
3.1.2. Numero de reprocesos	¿Qué cantidad de las Ordenes de trabajo fueron ejecutadas con deficiencias (más de una vez)?	81-100%	61-80%	41-60%	21-40%	0-20%

Fig. 3. Cuestionario con actores

Fuente: *Elaboración propia*

#### 3.4. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN: TRABAJO DE CAMPO

Como parte del desarrollo del presente trabajo de investigación, se realizaron visitas programadas a las

instalaciones de la FIIS, específicamente al Sector “O” denominado Centro de Laboratorios. De las visitas realizadas se logró obtener información relevante para el estudio ya que permitirá diseñar con más precisión el modelo de gestión de mantenimiento, considerando todas las variables que intervienen.

### 3.5. ORGANIZACIÓN DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO DE LA FIIS

La organización del personal se estuvo realizando a partir de las entrevistas. Estos están subdivididos de la siguiente manera:

	COD_PERSONAL	NOMBRE DE PERSONAL
PERSONAL DE SERVICIOS GENERALES	PSG_1	YENI TACANGA
	PSG_2	PEDRO ROSALES
	PSG_3	LUIS LARA
	PSG_4	PATTY PEREZ
	PSG_5	ANA ANGELES
	PSG_6	JHON RAMOS
	PSG_7	Jano Angeles Sanchez
	PSG_8	Julio Carreteros
	PSG_9	Alberto Zurichaqui
	PSG_10	Linares Carranza
Personal de laboratorio de Química	PLV_01	Maritza Aymara
Personal de laboratorio de Automatización Industrial	PLA_01	Edinson Rueda Yarleque
Personal externo	EX	Tercero (*)
Personal del laboratorio de ciberseguridad	PLCB_01	Carlos Delgadillo

Fig. 4. Organización del personal de mantenimiento de la FIIS

Fuente: *Elaboración propia*

A cada uno se le puso su código facilitando su posible obtención dentro del programa.

(\*) Susceptible a cambios de acuerdo con las compañías externas que realizaron las actividades.

### 3.6. ZONIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN EL SECTOR “O”

Para cada una de las zonas se tuvo el mantenimiento del “Laboratorio de Automatización”, “Laboratorio de Química”, “Laboratorio de Ciberseguridad”. Siendo el primero, aquel Laboratorio con subdivisiones, las cuales se indica.

COD_LAB	LABORATORIO
L1	LAB. REDES INDUSTRIALES Y PLC
L2	LAB. CONTROL DE PROCESOS
L3	LAB. MANUFACTURA INTEGRADA
L4	LAB. ELECTRONEUMATICA
L5	LAB. NEUMATICA
L6	LAB. SENSORICA

Fig. 5. Zonificación del mantenimiento en el sector “O”

Fuente: *Elaboración propia*

## IV. MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL CENTRO DE LABORATORIOS Y DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LA FIIS UNI

La gestión del mantenimiento es un sistema linealmente dependiente de factores estrechamente ligados a la gestión del mantenimiento, así como de factores internos y externos a la entidad. Es así que el diseño de un Modelo de Gestión de mantenimiento debe buscar lograr una integración completa de la gestión del mantenimiento dentro del sistema.

Con base al sistema de calidad y las características reales de la organización del mantenimiento en la FIIS, se puede proponer un diagrama que contemple aspectos que deben ser considerados al momento de diseñar e implementar un modelo de gestión del mantenimiento. En la Figura N°6 se proponen dos ciclos de trabajos muy representativos y necesarios en un buen modelo de gestión de mantenimiento. El primero, es el Ciclo Habitual de Mantenimiento, el cual explica la secuencia lógica del proceso táctico-operativo de las actividades de mantenimiento, las cuales son: planificación, programación, asignación de trabajo y la ejecución correspondiente. El segundo, definido como Ciclo de Mejoramiento Continuo, agrega al ciclo habitual dos nuevas actividades, el proceso de análisis de lo ya ejecutado para identificar oportunidades de mejora y el proceso de identificación de trabajos que permite implementar las mejoras encontradas en el proceso de análisis. Asimismo, el modelo contempla un salto directo del proceso de identificación de trabajos hacia el proceso de asignación de trabajos, el cual se dará cuando surja una emergencia. Otra parte fundamental del modelo es el pilar que lo soporta: las 5´S, que es un principio fácil de entender y de llevar a cabo cuya finalidad es reducir el despilfarro tanto de recursos como de tiempo de trabajo, generando de esta manera un aumento de la productividad. Se puede observar en el modelo un sistema integrador de todos los elementos que es el ciclo PHVA, que permite mejorar de forma continua la calidad, aportando también la cuota de adaptación de avances tecnológicos. Otra propuesta innovadora del modelo de gestión de mantenimiento propuesto es el componente de Sistema de información con su respectiva Base de Datos, que permitirá sistematizar los documentos de gestión de mantenimiento como las órdenes de trabajo, fichas de los equipos, entre otros.



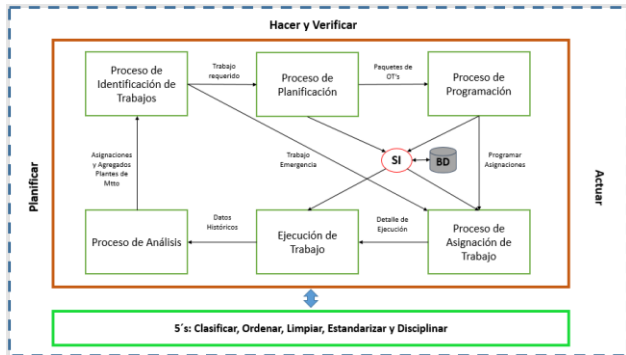


Fig. 6. Modelo de Gestión de Mantenimiento  
Fuente: *Elaboración propia*

#### 4.1. IMPLEMENTACIÓN DE LAS 5S EN EL ÁREA DE INSUMOS Y HERRAMIENTAS DE LA OFICINA DE SERVICIOS GENERALES DE LA FIIS

Luego de llevar a cabo la capacitación del personal de la Oficina de Servicios Generales de la FIIS, en la aplicación de la Metodología de las 5S en su área de insumos y herramientas, el mismo que en su estado inicial presentaba elementos innecesarios en los pasillos y los anaqueles, lo que podría haber ocasionado accidentes por caídas, además de ocupar espacio innecesario. Es así, que con la implementación de las 5S se eliminaron elementos innecesarios, y ahora se mantiene un área libre más amplia y se minimizaron las probabilidades de accidentes y demora en la disposición de materiales y herramientas. La mejora se llevó a cabo de la siguiente manera:

##### 4.1.1. CLASIFICAR:

En la Figura N°7 se puede apreciar materiales necesarios en exceso, siendo complicada la búsqueda de elementos necesarios



Fig. 7. Antes de aplicar la Clasificación  
Fuente: *Fotografía capturada por el equipo de investigación el 15 de junio del 2022*

En la Figura N°8 se evidencia que se eliminó lo innecesario y se cuenta con una zona de tránsito liberada.



Fig. 8. Después de aplicar la Clasificación  
Fuente: *Fotografía capturada por el equipo de investigación el 15 de junio del 2022*

#### 4.2. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

El programa se basa en los siguientes conceptos principales:

Concepto	Descripción	Procedimientos (*)
Traspasso de Matrices de metadata	Mapeo de la duración de actividades a partir de la matriz con las dimensiones de actividades y equipos	Rellenar_1_fila
		RELLENADO
Programación de actividades por personal	Mapeo de la corrección de las actividades con consideración de la cantidad de tiempo que dedica el personal al mantenimiento y su disponibilidad	Finsemana
		SIGDIA
Implementación de Rutinas	Mapeo e integración de rutinas a partir de la matriz con las dimensiones de actividades y equipos	FIXENC
		Agregar_Rutina
Reprogramación de actividades	Reprogramación de actividades enlistadas a partir de funciones y procedimientos	FECHA_HOY
		PROGRA_FECHA_DIA
		REPROGRAMAR

Fig. 9. Conceptos del programa de mantenimiento  
Fuente: *Elaboración propia*

A continuación, se presenta el panel de inicio y los módulos principales del programa de mantenimiento preventivo:

##### 4.2.1. PANEL DE INICIO

El panel de control forma parte de la experiencia de usuario, siendo este un facilitador de la navegación para los demás módulos de presentación.

El botón de “Metadata” sirve para poder mostrar aquellas opciones de parametrización del programa siendo estos los más destacados: el maestro de



actividades, inventario de equipos, recursos humanos y el programa de mantenimiento en sí.



Fig. 10. Diseño del programa de mantenimiento preventivo

Fuente: Elaboración propia



Fig. 11. Módulos del Programa de mantenimiento preventivo

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2. INDICADORES/FRECUENCIAS

Es el módulo a ajustes de frecuencias de actividades por cada equipo (son cada cuánto tiempo se tiene que realizar la actividad por cada equipo siendo estas rutinas).

Se presenta de igual manera para ayudar a saber cada encabezado de fila y columna, una validación de datos en la parte derecha para que se sepa a qué encabezado se refiere o qué significa.

#### 4.2.3. TIEMPO DE ACTIVIDADES

Es el módulo a ajustes de tiempos de actividades por cada equipo (son cuánto tiempo dura la actividad por cada equipo).

Se presenta de igual manera para ayudar a saber cada encabezado de fila y columna, una validación de datos en la parte derecha para que se sepa a qué encabezado se refiere o qué significa.

#### 4.2.4. REPROGRAMACIÓN

Es el módulo de alistamiento de actividades y reprogramación de estas mismas para que se pueda visualizar qué actividades se deben hacer en ese día y si es necesario realizar una reprogramación. La reprogramación se puede denotar con la palabra

“REPROGRAMADO” y se puede visualizar en el apartado de Programa.

Selección Fecha: 1/01/2022

HOY ENLISTAR REPROGRAMAR

Índice	Código de Equipo	Equipo	Código de Actividad	Actividad	¿Reprogramar?
1	01	MÓDULOS DE ELECTRONEUMÁTICA BÁSICA	AC_01	Limpiar	REPROGRAMADO
2	01	MÓDULOS DE ELECTRONEUMÁTICA BÁSICA	AC_03	Trapear	REPROGRAMADO
3	02	MÓDULOS DE ELECTRONEUMÁTICA BÁSICA	AC_01	Limpiar	REPROGRAMADO
4	03	MÓDULOS DE ELECTRONEUMÁTICA BÁSICA	AC_01	Limpiar	REPROGRAMADO

Fig. 12. Detalles de documentación del Programa de mantenimiento preventivo

Fuente: Elaboración propia

## V. RESULTADOS

### 5.1. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS DEL PRE-TEST

Por medio de cada una de las preguntas del cuestionario, se buscó conocer la realidad del tema en interés; independientemente de lo que otros puedan pensar al respecto. Por consiguiente, cada respuesta es importante, ya que permitirá coadyuvar a mejorar la Gestión de Mantenimiento en la FIIS, en este caso en el Centro de Laboratorios, y por ende en la UNI, sirviendo como modelo a la universidad pública peruana, para servir mejor a sus usuarios y a la sociedad. En la Figura N° 13 se presentan los datos generales de los encuestado.

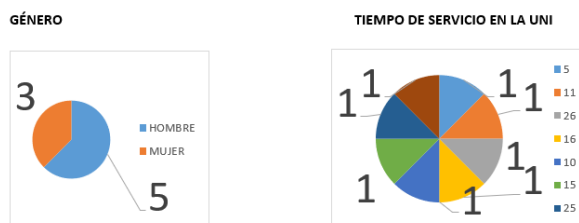


Fig. 13. Datos generales

Fuente: Elaboración propia

En la Figura N°14 se presentan los datos obtenidos de las encuestas realizadas a los 8 colaboradores que forman parte de la Gestión de Mantenimiento del Centro de Laboratorios y Desarrollo Tecnológico de la FIIS. Esta información se obtiene antes de la aplicación del Modelo de Gestión del Mantenimiento FIIS que mejorará la efectividad en la Gestión del Mantenimiento, con la finalidad de analizar el impacto generado por el nuevo sistema en la situación actual de los procesos de mantenimiento.

	Modelo de Gestión de Mantenimiento FIIS															Efectividad de la Gestión del Mantenimiento																				
	55%					Metodología PHVA					Programa de Capacitación					Eficacia		Eficiencia			Calidad de servicio															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	SUMMA	D1	D2	D3
Encuestados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32				
Persona 1	2	2	4	1	4	3	3	4	3	5	4	4	3	4	3	2	3	2	3	2	3	1	4	5	4	4	1	3	5	1	8	98	3.5	3	3	
Persona 2	2	4	4	4	3	2	1	1	4	4	3	2	4	5	4	2	2	3	5	3	3	4	4	4	4	3	1	4	3	5	1	107	3.5	3	3.7	
Persona 3	2	2	1	1	1	1	2	4	4	3	3	4	2	4	5	4	1	1	1	1	1	1	1	2	3	2	4	3	3	4	77	2	3.3	3.2		
Persona 4	1	1	1	1	1	3	5	5	3	3	3	2	3	4	2	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	3	2	2	4	3	34	2.3	2.8	3.3		
Persona 5	1	1	1	1	1	4	4	5	4	5	4	2	4	5	4	3	3	4	4	3	4	2	2	5	4	1	4	4	2	100	2.8	3.5	3			
Persona 6	1	1	1	1	1	4	1	1	1	4	3	4	2	3	4	2	3	4	3	4	5	4	4	3	4	4	3	4	4	2	88	4	3.3	3.3		
Persona 7	1	1	1	1	1	5	2	4	4	3	3	4	2	3	2	1	1	1	1	1	1	1	4	5	1	4	4	4	1	75	2.8	3	3			
Persona 8	1	1	1	1	1	3	3	5	5	4	3	4	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	4	5	4	4	1	4	5	1	78	3.5	3.3	2.7		
Varianza	1	1	2	1	2	2	1	3	3	1	1	0	0	1	1	0	1	1	3	3	1	1	2	1	0	0	1	1	1	0	2					
Sumatoria de varianzas																																	40.41			
Varianza de las suma de las preguntas																																	169.27			

Fig. 14. Datos obtenidos en el pre prueba  
Fuente: Elaboración propia

## 5.2. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS DEL POST-TEST

En la Figura N°15 se presentan los resultados de las encuestas realizadas después de la aplicación del Modelo de Gestión del Mantenimiento FIIS, que mejorará la efectividad en la Gestión del Mantenimiento, con la finalidad de analizar el impacto generado por el nuevo sistema en la situación actual de los procesos de mantenimiento.

	Modelo de Gestión de Mantenimiento FIIS															Efectividad de la Gestión del Mantenimiento																				
	55%					Metodología PHVA					Programa de Capacitación					Eficacia		Eficiencia			Calidad de servicio															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	SUMMA	D1	D2	D3
Encuestados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32				
Persona 1	2	3	4	3	4	3	3	4	4	5	4	3	4	3	4	3	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	3	5	3	117	4.3	3.3	4.3	
Persona 2	4	4	4	4	3	2	4	4	4	4	5	4	2	5	5	5	5	5	3	3	5	4	5	3	4	4	4	5	3	128	3.8	3.3	4			
Persona 3	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	119	3.8	3.8	4			
Persona 4	4	4	4	3	4	5	5	4	4	3	4	4	4	3	4	3	4	4	5	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	120	3.8	3.5	4			
Persona 5	4	5	4	5	4	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	4	5	4	150	4.8	4.8	4.3			
Persona 6	2	3	3	4	4	1	3	4	5	5	4	2	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	116	4	3.8	4			
Persona 7	3	4	3	4	5	2	4	4	3	5	4	2	5	1	5	5	5	5	5	1	4	5	4	5	3	1	4	4	2	119	3.5	3.3	3.3			
Persona 8	1	1	4	3	4	4	5	5	4	4	4	3	1	1	2	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	5	1	110	4.3	3.3	4		
Varianza	1	1	0	0	1	2	1	0	0	0	1	0	1	2	2	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1						
Sumatoria de varianzas																																	23.68			
Varianza de las suma de las preguntas																																	134.86			

Fig. 15. Datos obtenidos en el post prueba  
Fuente: Elaboración propia

## 5.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS

Para el análisis de los resultados se usará el T Student Pareado, ya que es un procedimiento estadístico que se aplicará en grupos pareados (equivalentes). Esto debido a que se medirá a un mismo grupo en cierta condición, es decir, antes y después de la implementación del modelo del mantenimiento preventivo.

### 5.3.1. Resultado de la dimensión I

En primer lugar, se calcula el promedio de la dimensión 1: Eficacia tanto en la pre prueba como en la post prueba (Figura N°16).

Pre prueba	Post prueba	
D1	D1	DIF1
3.5	4.3	0.8
3.5	3.8	0.3
2.0	3.8	1.8
2.3	3.8	1.5
2.8	4.8	2.0
4.0	4.0	0.0
2.8	3.5	0.8
3.5	4.3	0.8

Fig. 16. Diferencias Dimensión 1  
Fuente: Elaboración propia

Con base en los resultados obtenidos de la aplicación de la prueba T Pareada se puede concluir que la implementación de un Modelo de Gestión del Mantenimiento FIIS mejorará la eficacia en la Gestión del Mantenimiento, ya que al hacer comparación de los promedios de la pre prueba y post prueba de la misma muestra, se encontró una diferencia estadísticamente significativa:  $TP=3.85$ . De esta manera, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

### 5.3.2. Resultado de la dimensión II

En primer lugar, se calcula el promedio de la dimensión 2: Eficiencia tanto en la pre prueba como en la post prueba (Figura N°17).

Pre prueba	Post prueba	
D2	D2	DIF2
3.0	3.3	0.3
3.0	3.3	0.3
3.3	3.8	0.5
2.8	3.5	0.8
3.5	4.8	1.3
3.3	3.8	0.5
3.0	3.3	0.3
3.3	3.3	0.0

Fig. 17. Diferencias Dimensión 2  
Fuente: Elaboración propia

Con base en los resultados obtenidos de la aplicación de la prueba T Pareada se puede concluir que la implementación de un Modelo de Gestión del Mantenimiento FIIS mejorará la eficiencia en la Gestión del Mantenimiento, ya que al hacer comparación de los promedios de la pre prueba y post prueba de la misma muestra, se encontró una diferencia estadísticamente significativa:  $TP=3.42$ . De esta manera, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

### 5.3.3. Resultado de la dimensión III

En primer lugar, se calcula el promedio de la dimensión 3: Calidad de servicio tanto en la pre prueba como en la post prueba (Figura N°18).

Pre prueba	Post prueba	
D3	D3	DIF3
3.0	4.3	1.3
3.7	4.0	0.3
3.7	4.0	0.3
3.3	4.0	0.7
3.0	4.3	1.3
2.3	4.0	1.7
3.0	3.3	0.3
2.7	4.0	1.3

Fig. 18. Diferencias Dimensión 3  
Fuente: Elaboración propia

Con base en los resultados obtenidos de la aplicación de la prueba T Pareada se puede concluir que la implementación de un Modelo de Gestión del Mantenimiento FIIS mejorará la calidad de servicio en la Gestión del Mantenimiento, ya que al hacer comparación

de los promedios de la pre prueba y post prueba de la misma muestra, se encontró una diferencia estadísticamente significativa:  $TP=4.66$ . De esta manera, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

## VI. CONCLUSIONES

- El Modelo de Gestión de mantenimiento propuesto en la presente investigación mejora la efectividad de la Gestión de Mantenimiento del Centro de Laboratorios y Desarrollo Tecnológico de la FIIS, en sus dimensiones: eficacia, eficiencia y calidad de servicio en un promedio de 40% en esta primera etapa.
- El Modelo de Gestión de Mantenimiento FIIS mejoró la eficacia de la Gestión de Mantenimiento del Centro de Laboratorios y Desarrollo Tecnológico de la FIIS en un 20%.
- El Modelo de Gestión de Mantenimiento FIIS mejoró la eficiencia de la Gestión de Mantenimiento del Centro de Laboratorios y Desarrollo Tecnológico de la FIIS en un 20%.
- El Modelo de Gestión de Mantenimiento FIIS mejoró la calidad de servicio de la Gestión de Mantenimiento del Centro de Laboratorios y Desarrollo Tecnológico de la FIIS.

## REFERENCIAS

- [1] J. Serrano (2018). “Aplicación del lean Manufacturing para mejorar la productividad en el área de almacén del operador logístico Ransa S.A callao - 2018”. Callao, Perú.
- [2] H. Castro (2019). “Aplicación del ciclo Deming en el mantenimiento preventivo para mejora del consumo de agua desmineralizada ENEL GENERACIÓN PERÚ S.A.A. - 2019”. Lima, Perú.
- [3] R. Padilla (2020). “Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo con el uso del modelo PHVA en la empresa AGP PERU SAC”. Lima, Perú.
- [4] I. Miranda (2019). “Propuesta de Mejora del proceso de prestación de servicios de mantenimiento de equipos de cocina que brinda la empresa SEMANPRO SRL: 2018”. Lima, Perú.
- [5] G.Valdivia (1989). “Diagnóstico del Mantenimiento a Nivel Nacional”. Lima, Perú.
- [6] S. O. Dufuaa A. Raouf y. D. Campbell (2005) Sistemas de mantenimiento: planeación y control. México: Limusa Wiley.
- [7] S. García Garrido (2003). Organización y gestión integral de mantenimiento: manual práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial. Madrid: Díaz de Santos.
- [8] J. Villanueva (2019) Modelo de gestión de mantenimiento para los laboratorios del bloque I de la Universidad Libre.Popular. Bogotá. Colombia.