



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica
Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica

**Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo en los
instrumentos de medición eléctrica de la empresa
Innovación Industrial G&B SAC en Lima el año 2022**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Electricista

AUTOR

Jaime Ricardo VENEGAS ZAMBRANO

ASESOR

Mg. Juan Antonio APESTEGUIA INFANTES

Lima, Perú

2023



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Venegas, J. (2023). *Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo en los instrumentos de medición eléctrica de la empresa Innovación Industrial G&B SAC en Lima el año 2022*. [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Jaime Ricardo Venegas Zambrano
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70912004
URL de ORCID	No Aplica
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Juan Antonio Apesteguia Infantes
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	10423762
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-2545-0764
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Hipolito Martin Rodriguez Casavilca
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	21461869
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Alfredo Rocha Jara
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08645523
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Jesus Huber Murillo Manrique
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07206585
Datos de investigación	
Línea de investigación	C.0.1.5. Calidad de Energía
Grupo de investigación	No Aplica

Agencia de financiamiento	No Aplica
Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: Innovación Industrial G&B SAC País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: San Juan de Miraflores Centro poblado: Pamplona Alta Urbanización: Sector 15 de Setiembre Manzana y lote: Mza. A y lote 23 Calle: s/n Latitud: -12.139427 Longitud: -76.963055
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Junio 2022 – Diciembre 2022
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería eléctrica, Ingeniería Electrónica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.01 Ingeniería de producción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.11.03



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA
Teléfono 619-7000 Anexo 4226
Calle Germán Amezaga 375 – Lima 1 – Perú



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL Nº 067/FIEE-EPIE/2023

Los suscritos Miembros del Jurado, nombrados por la Dirección de la Escuela Profesional de Eléctrica de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, reunidos en la fecha, bajo La Presidencia del **MG. HIPOLITO MARTIN RODRIGUEZ CASAVILCA**, integrado por el **MG. ALFREDO ROCHA JARA**, el **MG. JESUS HUBER MURILLO MANRIQUE** y Miembro Asesor el **MG. JUAN ANTONIO APESTEGUIA INFANTES**.

Después de escuchar la Sustentación de Trabajo de Suficiencia Profesional del **Bach. JAIME RICARDO VENEGAS ZAMBRANO con código N° 14190189** que para optar el Título Profesional de Ingeniero Electricista sustentó el Trabajo de Suficiencia Profesional titulado **DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LOS INSTRUMENTOS DE MEDICION ELECTRICA DE LA EMPRESA INNOVACION INDUSTRIAL G&B SAC EN LIMA EL AÑO 2022**.

El jurado examinador procedió a formular las preguntas reglamentarias y, luego de una deliberación en privado, decidió aprobar otorgándole el calificativo de **catorce (14)**.

Ciudad Universitaria, 20 de mayo del 2023

MG. HIPOLITO RODRIGUEZ CASAVILCA

Presidente de Jurado

MG. ALFREDO ROCHA JARA

Miembro Jurado

MG. JESUS MURILLO MANRIQUE

Miembro de Jurado

MG. JUAN ANTONIO APESTEGUIA INFANTES

Miembro Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú. Decana de América
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELECTRICA

INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica.
 2. Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica.
 3. Emisor del Informe el Director de la Escuela Profesional de Eléctrica.
 4. Operador del programa informático de similitudes: **Luis Mark Rudy Ponce Martínez.**
 5. Documento evaluado: Trabajo de Suficiencia Profesional para título de (pregrado) **DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LOS INSTRUMENTOS DE MEDICION ELECTRICA DE LA EMPRESA INNOVACION INDUSTRIAL G&B SAC EN LIMA EL AÑO 2022.**
 6. Autor de la tesis: **JAIME RICARDO VENEGAS ZAMBRANO**
Fecha de aplicación de recepción del documento: 12-04-2022
 7. Fecha de aplicación del programa informático de similitudes: 12-04-2022
 8. Software utilizado: Turnitin.
 9. Configuración del programa detector de similitudes:
 - Excluye citas.
 - Excluye bibliografía.
 - Excluye cadenas menores de 40 palabras
 10. Porcentaje de similitudes según programa detector: Cinco por ciento – 5%
 11. Fuentes originales de las similitudes encontradas.
 1. cybertesis.unmsm.edu.pe 3% Fuente de Internet
 2. repositorio.ucv.edu.pe 1% Fuente de Internet
 3. www.coursehero.com 1% Fuente de Internet
 4. vsip.info <1% Fuente de Internet
 12. Observaciones: Ninguna.
 13. Calificación de originalidad.
 - Documento cumple criterios de originalidad, sin observaciones.
 14. Fecha del informe: 05 de junio del 2023.
- Atentamente,

Mg. Luis Mark Rudy Ponce Martínez
Director de la Escuela Profesional de Eléctrica

DEDICATORIA

A mis Queridos Padres Jaime y Olga, por su apoyo incondicional en el proceso de mi formación académica y ciudadana. Dirigiendo mi desarrollo personal con rectitud y amor. Dándome su ejemplo de grandes seres humanos.

A mis hermanos May, Jennyfer y José que fueron parte esencial en mi desarrollo personal y con ello así poder lograr mis metas y anhelos.

Agradecer a mi asesor MSc. Ing. Juan Antonio Apesteguía Infantes, por su gran apoyo y guía constante en la elaboración del presente trabajo.

Y un agradecimiento especial a la empresa INNOSAC, por darme en todo momento la facilidad de sus instalaciones y base de datos requerida para formular el presente trabajo.

RESUMEN

El presente TSP titulado “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo en los instrumentos de medición eléctrica de la empresa Innovación Industrial G&B SAC en Lima el año 2022” busca mejorar la vida útil de los equipos de medición eléctrica de la empresa y así mejorar su producción, generar mayores utilidades y alcanzar un ahorro económico evitando mantenimientos correctivos por fallas no consideradas.

La falta de lineamientos técnicos en la empresa ocasiona desorientación en la programación y ejecución del mantenimiento, no existen expedientes de mantenimiento ni informes técnicos como medio de sustento. Los equipos y herramientas solo se atienden a la presencia de fallas y muchas de estas reparaciones no cumplen los estándares mínimos de calidad.

La presencia de fallas en equipos provoca baja disponibilidad y baja capacidad de atención, esto conlleva retrasos en los trabajos, baja confiabilidad de la empresa y pérdidas económicas por la atención inoportuna hacia los clientes.

La técnica que se usará es el Análisis por Criticidad y así atender todos los equipos en orden jerárquico en función a su criticidad.

El estudio fue desarrollado en el 2022, entre junio y diciembre, y se presenta como propuesta de implementación para el año 2023.

Palabras Clave: Producción, Utilidades, Mantenimiento Preventivo, Equipos de Medición eléctrica, Criticidad.

ABSTRACT

This TSP entitled “Design of a preventive maintenance plan in the electrical measurement instruments of the company Industrial Innovation G&B SAC in Lima in 2022” seeks to improve the useful life of the company's electrical measurement equipment and thus improve its production, generate greater utilities and achieve economic savings avoiding corrective maintenance due to failures not considered.

The lack of technical guidelines in the company causes disorientation in the programming and execution of the maintenance, there are no maintenance files or technical reports as a means of livelihood. The equipment and tools are only attended to the presence of failures and many of these repairs do not meet the minimum quality standards.

The presence of equipment failures causes low availability and low attention capacity, this entails delays in the work, low reliability of the company and economic losses due to inopportune care towards customers.

The technique that will be used is the analysis for criticality and thus attend to all the teams in hierarchical order based on their criticality.

The study was developed in 2022, between June and December, and is presented as an implementation proposal for 2023.

Keywords: Production, Utilities, Preventive Maintenance, Electrical Measurement Equipment, Criticality.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	ii
ABSTRACT	iii
TABLA DE CONTENIDO	iv
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABLAS	vii
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO II: INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLO LA ACTIVIDAD	3
2.1 Institución - Actividad que desarrolla	3
2.2 Periodo de duración de la Actividad	3
2.3 Finalidad y Objetivo de la Entidad	3
2.4 Razón Social	5
2.5 Dirección Postal	5
2.6 Correo Electrónico del Profesional a Cargo	5
CAPITULO III: DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	6
3.1 Organización de la Actividad	6
3.2 Finalidad y Objetivo de la Actividad	7
3.2.1 Finalidad	7
3.2.2 Objetivos	7
3.3 Problemática	8
3.3.1 Problema General	8
3.3.2 Problemas Específicos	8
3.3.3 Justificación e Importancia de la investigación	8
3.4 Metodología	9
3.4.1 Bases Teóricas	9
3.4.2 Marco Conceptual	15
3.5 Procedimientos	31
3.5.1 Etapas de diseño del plan de mantenimiento	32
3.6 Resultado de la Actividad	43

CAPITULO IV: CONCLUSIONES	45
4.1 Justificación	45
4.2 Presentación de Resultados	45
4.2.1 Seguridad	45
4.2.2 Costos	46
4.3 Conclusiones	48
CAPITULO V: RECOMENDACIONES.....	50
CAPITULO VI: BIBLIOGRAFIA.....	52
CAPITULO VII: ANEXOS.....	55
Anexo 1: Certificado de calibración de Telurómetro Megabras MTD20kwe	56
Anexo 2: Certificado de Calibración de Megometro Amprobe AMB-55	57
Anexo 3: Formato para Ejecución de Mantenimiento	58
Anexo 4: Formato Check List para atención de los Equipos	59
Anexo 5: Formato por Mantenimiento Correctivo	60
Anexo 6: Especificaciones Técnicas AMB-55.....	61
Anexo 7: Especificaciones Técnicas MTD20KWe	62
Anexo 8: Especificaciones Técnicas Fluke 374FC	63
Anexo 9: Especificaciones Técnicas Fluke 189 True RMS.....	63
Anexo 10: Especificaciones Técnicas FLIR Flir-E49	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de la empresa INNOSAC	6
Figura 2: Modelo Básico de análisis de Criticidad.....	19
Figura 3: Niveles de Análisis para evaluar Criticidad	22
Figura 4: Megometro Amprobe AMB-55	26
Figura 5: Telurómetro Megabras MTD20KWe	27
Figura 6: Pinza amperimétrica 374FC Fluke.....	28
Figura 7: Multímetro Fluke 189 True RMS	28
Figura 8: Cámara termográfica FLIR E49	29
Figura 9: Pinza CEM DT9810	30
Figura 10: Capacímetro YUFONG YF-150	30
Figura 11: Luxómetro UT 383	31
Figura 12: Manuales técnicos de los instrumentos operativos.....	35
Figura 13: Criticidad de fallas en equipos/instrumentos de medición eléctrica	38
Figura 14: Costo del Mantenimiento con Relación al Tiempo	48

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Criterios para realizar análisis de Criticidad	18
Tabla 2: Matriz de Criticidad.....	20
Tabla 3: Criterios de Evaluación.....	21
Tabla 4: Codificación de equipos/instrumentos de medición.....	33
Tabla 5: Tabla de codificación.....	34
Tabla 6: Análisis de criticidad	36
Tabla 7: Escala de referencia.....	36
Tabla 8: Criticidad de equipos	37
Tabla 9: Disponibilidad antes del Plan de Mantenimiento Preventivo	37
Tabla 10: Principales puntos para el mantenimiento.....	39
Tabla 11: Tabla de Calibraciones.....	40
Tabla 12: Programa de mantenimiento anual	41
Tabla 13: Actividades para el mantenimiento de equipos de medición	42
Tabla 14: Disponibilidad Proyectada con el Plan de Mantenimiento Preventivo	43
Tabla 15: Comparación de Disponibilidad Actual con Disponibilidad Proyectada del Plan de Mantenimiento Preventivo.....	44
Tabla 16: Costos de los Equipos de Medición.....	46
Tabla 17: Costo del Plan de Mantenimiento Preventivo (Anual)	47

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

En los últimos tiempos el crecimiento de sectores como la minería, industria, comercio e inmobiliario en el Perú ha permitido el crecimiento del sector de servicios y al aumento de diversas empresas de este sector.

Debido al incremento y edificación de fábricas, oficinas, tiendas comerciales, residenciales, etc. que demandan servicios profesionales en ingeniería y mantenimiento de sus instalaciones, es que el sector servicios ha tenido un incremento contundente, y con ello las empresas que brindan servicios de mantenimiento, asesoría, construcción y certificación, entre otros, obtienen la capacidad de ofrecer productos y servicios a diferentes sectores productivos.

A causa de la alta competencia en el mercado, las empresas de servicios están optando por invertir en incrementar su producción, eficiencia y mejorar sus procesos para poder sobre salir en su mercado. El incremento de la producción y eficiencia le proporcionará mayores clientes, más ganancias, mejor calidad de sus productos y servicios. Por consiguiente, satisfacer el mercado de servicios especializados de acuerdo con las exigencias de los clientes.

Por otro lado, para poder generar productos y servicios de calidad es importante que se realice un buen mantenimiento preventivo a los componentes, equipos y maquinas que formen parte del proceso productivo para evitar inconvenientes en la etapa de producción. El mantenimiento debe aplicarse de manera periódica y rigurosa para evitar futuras fallas. Siendo el área de mantenimiento el encargado de detectar aquellos elementos que pudieran fallar.

El presente Trabajo de Suficiencia Profesional se desarrolló en la empresa Innovación Industrial G&B SAC, que en adelante la llamaremos INNOSAC,

que se dedica al rubro de servicios de infraestructura y proyectos, reparación de equipos industriales y fabricación y comercialización de productos industriales. Esta empresa fue fundada en el 2021 y tiene sus instalaciones administrativas y de producción en el distrito de San Juan de Miraflores, Ciudad de Lima, Perú.

CAPITULO II: INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLO LA ACTIVIDAD

2.1 Institución - Actividad que desarrolla

La institución donde se propone desarrollar las actividades a presentarse en el siguiente Trabajo de Suficiencia Profesional es en la empresa INNOVACION INDUSTRIAL G&B S.A.C., cuyo nombre comercial es INNOSAC.

2.2 Periodo de duración de la Actividad

Durante los días del 26 de junio del 2022 al 20 de diciembre del 2022 se llevó a cabo la elaboración del trabajo presentado.

2.3 Finalidad y Objetivo de la Entidad

A. Finalidad

INNOSAC es una empresa dedicada a la producción de bienes y servicios eléctricos y a la comercialización, reparación y fabricación de equipos industriales utilizados para el rubro minero, industrial e inmobiliario principalmente siendo sus principales clientes empresas de sector industrial.

Entre sus principales actividades tenemos:

- Fabricación y reparación de transformadores de transformadores y motores de corriente alterna en BT.
- Reparación de equipos eléctricos y electrónicos.
- Realización de la administración, ejecución, diseño y supervisión de proyectos eléctricos industriales, comerciales y residenciales.

B. Objetivo

- Diseñar un Plan de mantenimiento Preventivo para el mantenimiento de sus equipos y/o instrumentos de medición eléctrica.
- Proponer la implementación de un Plan de mantenimiento preventivo de sus equipos de medición eléctrica.
- Evidenciar en el mediano y largo plazo los beneficios generados para la empresa a causa de la implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo para la prolongación de la vida útil de los equipos y el aumento de la producción y utilidades gracias a una mayor confiabilidad de la empresa hacia sus activos.
- Elaborar un análisis de criticidad de los equipos de medición eléctrica para el diseño del Plan de Mantenimiento Preventivo.

2.4 Razón Social

El trabajo propuesto en este TSP está destinado a implementarse en la empresa INNOVACIÓN INDUSTRIAL G&B S.A.C. (PERU), teniendo como razón social este mismo.

2.5 Dirección Postal

Dirección Legal: Av. Prolongación de San Juan Sector 15 de setiembre Mza. A Lote. 23 dpto. 5 A.H. Pamplona Alta, Distrito de San Juan de Miraflores, Provincia y Departamento de Lima.

2.6 Correo Electrónico del Profesional a Cargo

Profesional responsable: Yhor Guardia Zambrano

Correo: yhor.guardia@hotmail.com

Celular: 967136556

CAPITULO III: DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD

3.1 Organización de la Actividad

La empresa INNOSAC tiene sus orígenes en la ciudad de Lima en el año 2021. En medio de la crisis mundial de aquel momento, nace de la necesidad de su fundador, Yhor Guardia, de crear puestos de trabajo para cubrir la demanda servicios eléctricos de fábricas que se encontraban en proceso de reactivación después de la crisis del COVID 19.

Esta empresa está dedicada al sector servicios industriales e inmobiliarios en la rama de ingeniería eléctrica, ingeniería electrónica, ingeniería mecánica, ingeniería hidráulica, área comercial y actualmente está entrando en el rubro de fabricación y venta de transformadores de baja y media tensión con la marca INNOSAC.

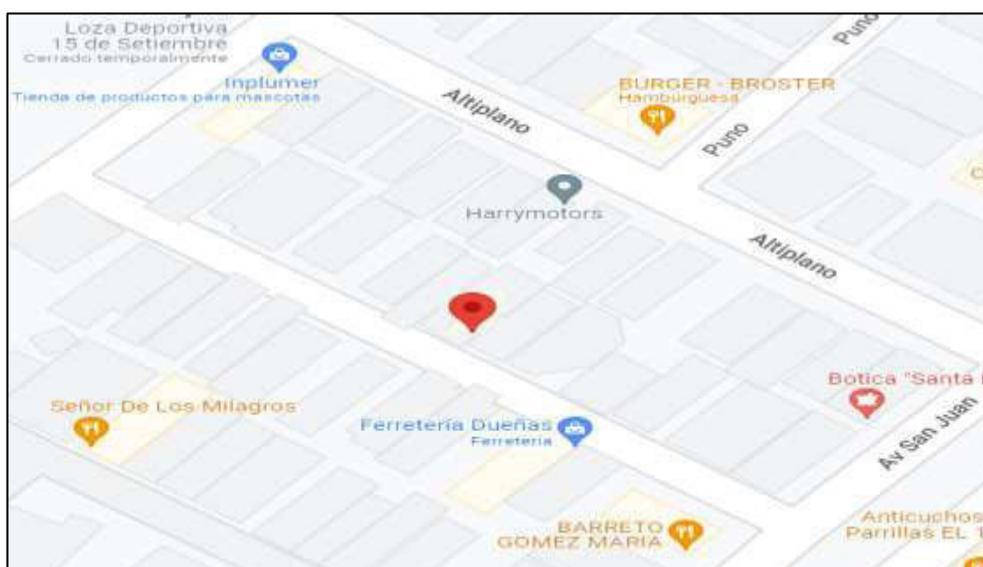


Figura 1: Ubicación de la empresa INNOSAC

Fuente: Google Maps

3.2 Finalidad y Objetivo de la Actividad

3.2.1 Finalidad

En el siguiente trabajo de suficiencia profesional se propone la implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo que proporcione un mejor rendimiento y durabilidad de los equipos y/o instrumentos de medición eléctrica que posee la empresa en su stock.

3.2.2 Objetivos

3.2.2.1 Objetivo General

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la producción y las utilidades en los instrumentos de medición de la empresa INNOSAC.

3.2.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar de qué manera las características técnicas de los instrumentos de medición ayuda al análisis de criticidad.
- Determinar las actividades y frecuencia de mantenimiento preventivo que ayudan a asegurar el correcto funcionamiento de los instrumentos de medición.
- Determinar la evaluación del plan de mantenimiento mediante indicadores de gestión.

3.3 Problemática

3.3.1 Problema General

¿De qué manera el diseño de un plan de mantenimiento preventivo mejora la producción y las utilidades en los instrumentos de medición de la empresa INNOSAC?

3.3.2 Problemas Específicos

- ¿De qué manera las características técnicas de los instrumentos de medición ayudan al análisis de criticidad?
- ¿De qué manera las actividades y frecuencias de mantenimiento preventivo ayudan a asegurar el correcto funcionamiento de los instrumentos de medición?
- ¿De qué manera los indicadores de gestión mostraran la eficacia de un correcto diseño de mantenimiento preventivo?

3.3.3 Justificación e Importancia de la investigación

La empresa INNOSAC tiene distintos equipos de medición eléctrica como: Telurómetro, Megometro, Cámara Termográfica, Pinza Amperimétrica, Pinza de fugas, entre otros. Cada equipo mide un parámetro específico y puede trabajar de tanto de forma conjunta como de forma individual al momento de ejecutar un servicio dependiendo del tipo que sea. De ello, nace la necesidad de implementar un Plan de Mantenimiento Preventivo para los equipos de medición, esto permitirá tener mejor control de las condiciones en las que se encuentran los equipos, tenerlos operativos y óptimos para la ejecución de cualquier servicio, darle una prolongada vida útil, poder entregar servicios de mejor calidad, generar confiabilidad con los clientes y con ello aumentar la producción y las utilidades de la empresa.

Con el desarrollo del presente trabajo de suficiencia profesional podemos conseguir varios beneficios directos o indirectos en la ejecución de servicios, lo cual permitirá reducir costos directos a causa de paradas inesperadas por fallas, así como gastos operativos en los procesos para corregir estas fallas e inconvenientes.

A) Justificación Teórica: La presente propuesta de implementación se elaboró con el fin de proporcionar las herramientas y conocimiento adecuados sobre elaboración de un Plan de Mantenimiento preventivo.

B) Justificación Práctica: La presente propuesta de implementación se ejecuta debido a la presente necesidad de implementar un Plan de Mantenimiento preventivo con el objetivo de proteger los equipos de medición eléctrica y darle un mayor aprovechamiento y beneficio a la empresa.

C) Justificación Metodológica: La presente propuesta de implementación plantea una metodología para la elaboración y diseño de un Plan de Mantenimiento preventivo, nos basamos en la criticidad de los equipos para aumentar la disponibilidad de estos.

3.4 Metodología

3.4.1 Bases Teóricas

3.4.1.1 Internacional

A) Valdivieso realizó una tesis titulada "DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA EMPRESA EXTRUPLAS S.A.", con la finalidad que se busca en el equipo es cero averías, en general no hay tiempo para subsanar convenientemente las incidencias que ocurren, siendo conveniente en muchos casos realizar

reparaciones rápidas provisionales que permitan mantener el equipo en marcha hasta la próxima revisión general. Por tanto, la Puesta a Cero anual debe incluir la resolución de todas aquellas reparaciones provisionales que hayan tenido que efectuarse a lo largo del periodo anual” (Valdivieso, 2010), pudo obtener las siguientes conclusiones:

- “Una vez que se ha terminado de realizar el análisis de la empresa, se determinó que el mantenimiento que se realiza actualmente no es el indicado, ya que se necesita que la maquinaria este siempre disponible y en buenas condiciones, debido a que la calidad del producto va directamente relacionada con el estado de la maquinaria. Así que el mantenimiento a realizar en la empresa determinado por el análisis es preventivo, no el correctivo como se lo ha venido haciendo hasta ahora” (Valdivieso, 2010).
 - “En el análisis de los costos de implementación del mantenimiento, se determinó que los costos del stock de mantenimiento no son muy altos, pero aun así no es un valor despreciable, el costo realmente importante y que se debe prever la adquisición es el de los barriles y tornillos de las máquinas, ya que estos elementos representan casi en su totalidad la máquina” (Valdivieso, 2010).
- B) Sandoval implementó un trabajo titulado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA INDUSTRIA DE SERVICIOS TÉCNICOS, INSETECA C.A., con la finalidad de establecer la identificación y descripción técnica de las maquinarias y equipos que conforman la empresa, los manuales de procedimientos para la administración y gestión del área de mantenimiento, enmarcados en la NORMA ISO 9001, y proceder a la realización de un plan de mantenimiento eficaz de clase mundial que permitió inicialmente la recuperación y puesta a punto de los equipos considerados críticos por la organización y posteriormente el establecer un plan de mantenimiento capaz de velar por su correcto

funcionamiento” (Sandoval, 2012), del cual obtuvo las siguientes conclusiones:

- “La elaboración de las fichas de las maquinarias y equipos, junto a la elaboración del plano de planta, permiten la fácil identificación de estas máquinas por parte de todo el personal y el registro de actividades al departamento de mantenimiento, así como involucrar a los operarios de producción en las actividades de mantenimiento, orientación en el uso correcto de los equipos y las alertas de seguridad que correspondan de acuerdo al trabajo a realizar, además de la recolección de datos logrados en la identificación de variables de la planta” (Sandoval, 2012).
 - “De acuerdo con la realización del plan de mantenimiento INSETECA ahora cumple con el sistema de gestión de la calidad ISO 9001 en el área de mantenimiento, debido a la existencia de manuales de procedimientos, formularios e instructivos, que permiten realizar un seguimiento y registro a las actividades de mantenimiento; Así como su cumplimiento con la política de calidad de la empresa al realizar los distintos tipos de mantenimiento que permiten la mejora continua de los procesos” (Sandoval, 2012).
- C) Valdés y San Martín elaboraron un trabajo de grado titulado “DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO-PREDICTIVO APLICADO A LOS EQUIPOS DE LA EMPRESA REMAPLAST, cuya finalidad es conservar la planta industrial con los equipos y las instalaciones en condiciones de cumplir con las funciones para la cual fueron proyectados con la capacidad y la calidad especificadas, pudiendo ser utilizados en condiciones de seguridad y economía de acuerdo a un nivel de ocupación y a un programa de uso definidos por los requerimientos de producción” (Valdés y San Martín, 2009), del cual obtuvo las siguientes conclusiones:
- “Para proceder a determinar las actividades de mantenimiento fue necesario identificar cada uno de los equipos del proceso productivo,

realizando un inventario detallado de estos en la empresa, y así identificando la importancia relativa de cada uno de estos en el proceso, lo que se refleja en el tipo de actividades que se empleen en el plan de mantenimiento preventivo-predictivo” (Valdés y San Martín, 2009).

- “Ya teniendo la documentación y los equipos con los cuales contaba la empresa, se procedió a la realización del plan de mantenimiento, en el cual se tuvieron en cuenta tanto la información suministrada por los proveedores, detallada en el manual de cada equipo; como la información suministrada por la experiencia de los operarios de mantenimiento y producción. Una vez creado el plan o programa de mantenimiento es necesario crear conciencia en cada uno de los operarios para que cada una de las actividades de mantenimiento se lleven a cabo de una forma organizada, permitiendo así garantizar el buen funcionamiento de los equipos de producción” (Valdés y San Martín, 2009).

3.4.1.2 Nacional

A) Lozada elaboró una tesis titulada “DISEÑO DE UN PLAN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE LAS MÁQUINAS Y EQUIPOS DE LA EMPRESA ROCAGU S.R.L. PACASMAYO, con la finalidad de describir los problemas de funcionamiento y evaluar el mantenimiento actual de las máquinas críticas. A la vez, analizando la eficiencia actual de la maquinaria de la empresa y así poder tomar datos para elaborar el diseño del plan de gestión de mantenimiento preventivo basado en la Norma UNE EN 13460:2009” (Lozada, 2020), pudo obtener las siguientes conclusiones:

- “La tesis de investigación establece el diseño de un Plan de Gestión de Mantenimiento Preventivo, el cual permitirá prevenir, minimizar y controlar las fallas de la maquinaria y los equipos de la empresa ROCAGU S.R.L. Basado en la norma UNE-EN 13460:2009.

Estableciendo la documentación necesaria (mediante formatos) para el control y mantenimiento de las máquinas, la gestión de compras, herramientas, registro de máquinas, entre otros. Esto se verá en el Capítulo III Resultados – Aporte Practico” (Lozada, 2020).

- “De acuerdo al análisis de la eficiencia actual se determinó que es baja (65.4 %) aunque para la empresa era vista como normal y no tienen en cuenta ese aspecto. Por lo que la propuesta lograra aumentar la eficiencia y situarla en niveles más competitivos” (Lozada, 2020).

B) Encina realizó e implemento una tesis titulada “PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CRITICIDAD PARA AUMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS ÁREA DE PRODUCCIÓN DE CONSERVAS DE PIMIENTO EN LA EMPRESA DANPER TRUJILLO S.A.C., El análisis de criticidad realizado en los 52 equipos resultó en 7 equipos críticos, 17 de criticidad media y 13 no críticos. La evaluación se realizó ponderando los criterios, luego se realizó el plan de mantenimiento de los equipos críticos propuesto, logrando un aumento del 97% en el tiempo de actividad. De esta forma, se corrobora la hipótesis e indica que un plan de mantenimiento basado en la criticidad mejora la disponibilidad; lo que indica que la propuesta ha valido la pena para el área de producción de la empresa” (Encina, 2019), pudo obtener las siguientes conclusiones:

- “Se define a través del análisis de criticidad (CTR) que existen 7 equipos críticos, 17 equipos de media criticidad, 13 equipos de quipos no críticos para la elaboración del plan de mantenimiento basado en la criticidad por lo que el modo de fallas tiene fallas en el: quemador N° 1, horno N°1, faja de corte N° 1, marmita N° 5, faja de selección 01^a, Exahuster 01, faja de selección 01B, a los cuales se empleó un tipo de mantenimiento respectivo a cada falla presentada” (Encina, 2019).

- “Para Hallar la disponibilidad de los equipos críticos se utilizaron datos y fórmulas en Microsoft Excel, de los indicadores los cuales son MTBF (tiempo de fallas) y MTTR (tiempo de reparaciones), la cual se encuentra registrada las paradas no programadas, los números o veces de fallas, tiempo de paradas programadas, disponibilidad, tiempo de trabajo lo cual se hizo efectivo en el primer trimestre que comprende de enero a marzo obteniendo una disponibilidad del 90%” (Encina, 2019).

C) Cruz realizó una tesis titulada “DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LA CONFIABILIDAD PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD Y CONFIABILIDAD EN LAS MAQUINAS CIRCULARES DE LA EMPRESA TEXTIL WG SAC - LIMA, su objetivo fue incrementar la disponibilidad de las 40 máquinas circulares textiles de las marcas (Vanguard, Monark y Mayer) a través de un análisis de criticidad basado en riesgo. En el presente estudio evaluó todas las maquinas circulares operativas de la empresa WG S.A.C. en el periodo de enero a diciembre del año 2015. Obteniendo como resultados un aumento significativo en la disponibilidad de 82.03% a 98.5 %. Además, impuso un plan de mantenimiento preventivo para mejorar el TMPR y el TMEF” (Cruz, 2016), pudo obtener las siguientes conclusiones:

- “El indicador de requisitos para la documentación respecto al Diseño de mantenimiento preventivo Actual es de 0 y el nivel de requisitos para la documentación respecto al Diseño de mantenimiento preventivo Propuesto es de 11, sobre un puntaje respectivo, teniendo un nivel de incremento de 11 puntos en un porcentaje de 91.7% (100%)” (Cruz, 2016).
- “El indicador de control de documentos respecto al Diseño de mantenimiento preventivo Actual es de 0 y el nivel de control de documentos respecto al Diseño de mantenimiento preventivo Propuesto

es de 8, sobre un puntaje, teniendo un nivel de incremento de 8 puntos en un porcentaje de (100%)” (Cruz, 2016).

- “El indicador de responsabilidad y autoridad respecto al Diseño de mantenimiento preventivo Actual es de 3 y el nivel de control de documentos respecto al Diseño de mantenimiento preventivo Propuesto es de 3, sobre un puntaje respectivo, teniendo un nivel de incremento de 2 puntos en un porcentaje de (100%)” (Cruz, 2016).

3.4.2 Marco Conceptual

A fin de conocer el diseño de un Plan de mantenimiento preventivo de manera óptima y eficiente y que logre cumplir su función adecuadamente, es necesario tener conocimiento de ciertos conceptos.

3.4.2.1 Definición de mantenimiento

Este es un conjunto de actividades establecidas por una entidad o institución con la finalidad de proteger y conservar por mucho más tiempo sus equipos, herramientas, instalaciones y bienes en general, para tenerlas en óptimas condiciones y mantener su rendimiento en condiciones fiables, priorizando la seguridad, salud y el cuidado del medio ambiente tanto sus instalaciones como de medio del entorno a sus instalaciones.

3.4.2.2 Objetivo de mantenimiento

La finalidad principal del Mantenimiento, es contribuir en el desarrollo y alcance de los objetivos de la entidad o institución, en este caso la empresa, de la cual forma parte. Para esta finalidad los principios del Mantenimiento deben ser compatibles, estar alineados y formar parte en el desarrollo de los objetivos generales de la empresa.

3.4.2.3 Funciones de Mantenimiento

Las funciones encargadas por parte del mantenimiento están directamente relacionadas con los procedimientos y los equipos que se poseen en la empresa para su utilización y manutención, de este modo se asegura un nivel de producción óptimo y tratando de conseguir el menor riesgo posible. Las funciones principales del mantenimiento se recogen en la siguiente lista (Castela, 2017):

- Desarrollar diversos tipos de procedimientos para el mantenimiento.
- Mantener control y registro constante sobre las condiciones de los equipos e instalaciones.
- Elaboración de programas de mantenimiento preventivo.
- Capacitación constante del personal.

3.4.2.3 Tipos de mantenimiento

A) Mantenimiento Correctivo:

Mantenimiento enfocado a corregir una falla que sucede en un momento determinado, la cual no había sido presupuestada en el desarrollo del proceso principal. Este mantenimiento es el modelo más aplicado en la historia de los procesos industriales por ser el más simple.

La finalidad es asegurar que el mantenimiento se ejecute de la forma más inmediata tratando de cuidar un máximo de costos permitidos. Se distingue por los altos costos en la mano de obra y alta funcionabilidad de la misma. Generalmente este tipo de mantenimiento es ejecutado en las micro y pequeñas empresas.

Desventajas de aplicar este tipo de mantenimiento son los tiempos de parada, sin producción, por fallas no presupuestadas. Estas fallas al no ser tratadas adecuadamente en su atención y reparación, con el tiempo

pueden ocasionar más fallas en el sistema y generar paradas más prolongadas. Estas fallas muchas veces se pueden dar en un momento de producción vital, en donde no se puede parar por las altas pérdidas económicas que esto generaría, a la vez afectaría a la calidad del producto final (Salazar, 2019).

B) Mantenimiento Preventivo:

Este tipo de mantenimiento se orienta a evitar las paradas por daños en las máquinas y equipos en las distintas etapas del proceso. El cual consiste en una relación de tareas y actividades analizadas y establecidas con el objetivo de anticiparse a las anomalías (Salazar, 2019).

C) Mantenimiento Predictivo:

El mantenimiento predictivo se entiende como aquel mantenimiento que se fundamenta en las intervenciones de la maquina o instalaciones sobre la que se aplica, en el desarrollo de indicador que fiablemente señale su funcionamiento y sea fácil de medir (Fernández, 2007).

D) Mantenimiento en Uso:

Es el conjunto de actividades cotidianas o de rutina que ejecuta el personal operador de la maquinaria o proceso. Básicamente es la limpieza, inspección visual, toma de datos y parámetros, lubricación, ajuste de borneras, etc. (Integra Markets, Grupo América Factorial SAC, 2018).

E) Mantenimiento en Cero Horas (Overhaul):

Este es un mantenimiento preestablecido en un programa con la finalidad de mantener al equipo en el 100% de su funcionabilidad, lo que conlleva reemplazar componentes en estado crítico, cambio y reparación de partes, etc. (Integra Markets, Grupo América Factorial SAC, 2018).

3.4.2.4 Criticidad

La finalidad de un análisis de criticidad es desarrollar una metodología que sirva para determinar la jerarquía de procesos, sistemas y equipos en un proceso, logrando con ello a agrupar los elementos en niveles que se pueden gestionar de manera controlada y auditable (Ramírez y Moreno, 2017).

Criticidad = Frecuencia x Consecuencia

La frecuencia indica el total de veces que se presentan eventos o fallas dentro del proceso. La consecuencia es el impacto operacional en el proceso, los costos por reparación y aquellos efectos que se generan en materia de seguridad y medio ambiente.

Consecuencia = Impacto Operacional + Impacto Seguridad + Impacto Ambiental+ Impacto Mantenimiento + Costo por Reparación

Los puntos claves para plantear un análisis de criticidad son los indicados en la formulación de la Consecuencia.

Tabla 1: Criterios para realizar análisis de Criticidad

Criterio	Nomenclatura
Seguridad	IO
Ambiente	IMA
Producción	IS
Costos	CM
Tiempo de Reparación	FO

Fuente: Ramírez y Moreno (2017)

Una estructura fundamental para el análisis de criticidad es como lo muestra la figura 3. Para seleccionar del método de evaluación se consideran criterios presentes en ingeniería, constantes de ponderación y cuantificación. Para la realización de un proceso establecido se debe trabajar en función a la guía diseñada. Para finalizar, la lista jerarquizada es el resultado del análisis (Ramírez y Moreno, 2017).

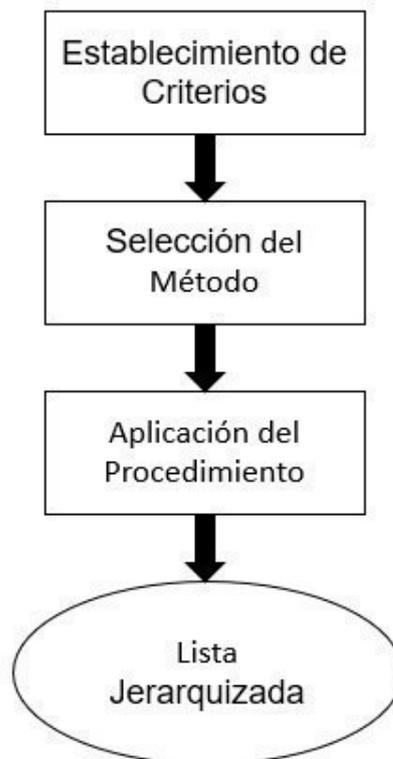


Figura 2: Modelo Básico de análisis de Criticidad
Fuente: Ramírez y Moreno (2017)

Para definir la criticidad de una máquina, equipo, unidad o activo se utiliza un cuadro de doble entrada o matriz de frecuencia por consecuencia de la falla como se muestra en la tabla 2. En un eje se representa la frecuencia de fallas y en otro los impactos o consecuencias en los cuales incurrirá la unidad o equipo en estudio si le ocurre una falla (Ramírez y Moreno, 2017).

Tabla 2: Matriz de Criticidad

En la Matriz de Criticidad se identifican con letras los niveles de criticidad:

- B Criticidad Baja color verde
- M Criticidad Media color amarillo
- A Criticidad Alta color rojo

Categoría de Frecuencia	5	M	M	A	A	A
	4	M	M	A	A	A
	3	B	M	M	A	A
	2	B	B	M	M	A
	1	B	B	B	M	A
	Categoría de Consecuencias	1	2	3	4	5
Matriz de Criticidad						

Fuente: Ramírez y Moreno (2017)

3.4.2.4 Criterios de Evaluación

Se elabora un registro para determinar el puntaje que se le asigna a cada criterio utilizado en el análisis de criticidad, en este contexto se determina cada criterio (Ramírez, 2020).

Tabla 3: Criterios de Evaluación

Criterio	Definición
Frecuencia de falla	Cantidad de veces que se presenta una falla en el equipo o sistema.
Impacto Operacional	Magnitud porcentual de producción afectada por las fallas
Tiempo promedio para reparación	Tiempo que demora la reparación de la maquina o equipo
Costo de reparación	Costo de reparar la falla
Impacto de seguridad	Eventos inesperados con daño hacia la persona
Impacto ambiental	Eventos inesperados con daño ambiental

Fuente: Ramírez (2020)

3.4.2.5 Establecer el Nivel de Análisis

Se establecerá el nivel para el análisis (instalación, sistema, equipo o elemento) el cual debe concordar con la necesidades y condiciones de jerarquización de activos (Ramírez, 2020).

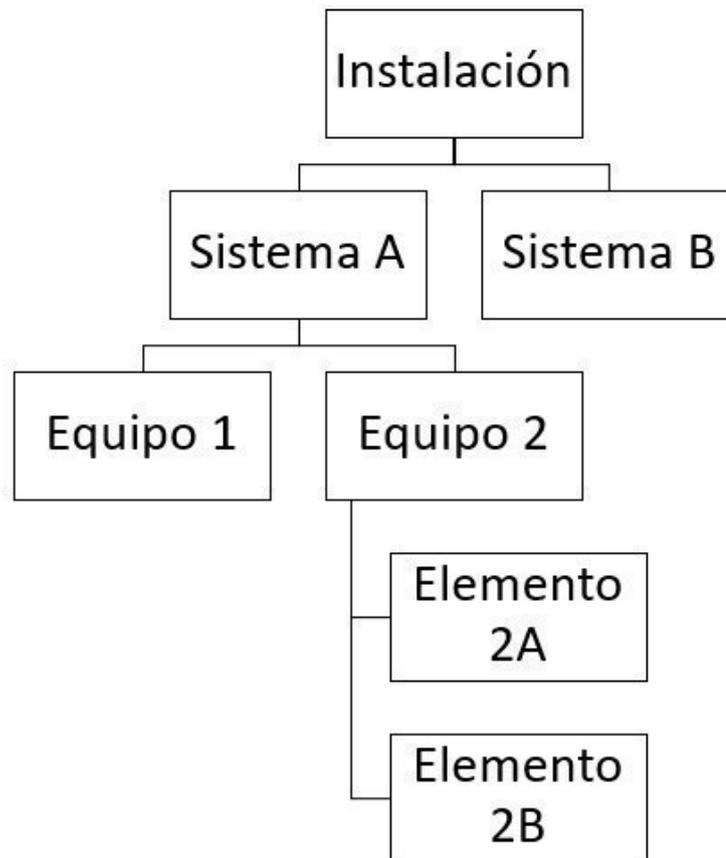


Figura 3: Niveles de Análisis para evaluar Criticidad
Fuente: Ramírez (2020)

Para establecer el nivel de análisis se necesita conocer algunos conceptos (Soto, 2016):

- **Relación de Instalaciones:** Tipo de instalaciones que existen para el análisis.
- **Relación de Equipos y maquinarias:** Lista de la variedad de equipos para el análisis.
- **Ubicación:** Área geográfica para el desarrollo del análisis.
- **Registros disponibles de eventos no deseados:** Frecuencia en que se presentan las fallas.
- **Registro de impactos en la producción:** Porcentaje de pérdidas en producción a causa de la falla.
- **Registro de impacto de seguridad:** Impactos generados por la falla.

3.4.2.6 Definir Criticidad

Para determinar el alcance y las consecuencias que genera la falla en el desarrollo del proceso se utilizan rangos y criterios establecidos, estimando la frecuencia de la falla de sus funciones en cada equipo o maquinaria. Pudiéndose presentar una diversidad de fallas simultáneamente, se tomará como el más representativo del proceso aquella que genere el mayor impacto. La frecuencia de ocurrencia de los eventos se determinará de forma anual (Ramírez, 2020).

Para los impactos por falla se emplean rangos y criterios preestablecidos:

Los impactos en la producción (IP) se cuantifican de acuerdo a las consecuencias de los eventos no deseados sobre el negocio en sí, considerando el Tiempo Promedio para Reparar (TPPR) (Ramírez, 2020).

$$\text{IP} = \text{Producción Diferida} \times \text{TPPR} \times \text{Costo Unitario del Producto}$$

Los impactos relacionados con daños a las Instalaciones (DI) se evalúan teniendo en cuenta.

$$\text{DI} = \text{Costo de Reparación} + \text{Costo de Reposición de Equipos}$$

También es necesario tener en cuenta los daños al personal, impactos al ambiente y población.

3.4.2.7 Disponibilidad

Es uno de los principales indicadores del mantenimiento, dado que determina el rango de producción. Se define como la probabilidad de que una máquina

esté preparada para producción en un período de tiempo determinado, es decir que esté operativa y lista para puesta en marcha a la producción de forma inmediata (Ramos, 2017).

$$\text{Disponibilidad} = T_o / (T_o + T_p)$$

Donde:

T_o : Tiempo Total de Operación

T_p : Tiempo Total de Parada

No se consideran dentro de los periodos las paradas programadas ya sea por el motivo que sea. Esto siempre y cuando no sea una parada por falla de la maquinaria. De forma práctica se suele definir a la disponibilidad a través de los tiempos medios entre fallas y de reparación. De ello entonces, la disponibilidad dependerá de la frecuencia de las fallas y del tiempo que tome hasta la reanudación del proceso (Ramos, 2017).

Por lo tanto, tenemos:

$$\text{Disponibilidad} = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR})$$

Donde:

MTBF: Tiempo Promedio entre fallas

MTTR: Tiempo Promedio de reparación

A) Tiempo Promedio entre fallas (MTBF):

$$\text{MTBF} = \text{N}^\circ \text{ de horas de operación} / \text{N}^\circ \text{ de paradas correctivas}$$

Utilizado en procesos en los que el tiempo de reparación es considerable con respecto al tiempo de operación (sistemas reparables) (Ramos, 2017).

B) Tiempo Promedio para la falla (MTTR):

MTTR = Total de horas de Reparaciones / N° de reparaciones correctivas

Es el tiempo promedio en retornar a las condiciones disponibles físicas y operacionales después de una falla. Listo para ser utilizado nuevamente, considerando tiempos de reparación y posibles retrasos (Ramos, 2017).

3.4.2.8 Equipos e Instrumentos de medición Eléctrica

Son aquellos aparatos y/o equipos tecnológicos utilizados para medir parámetros eléctricos como voltaje, corriente, resistencia, aislamiento, capacitancia, etc. Estos equipos pueden ser de laboratorio o de campo. Siendo los de laboratorio aquellos con mayor precisión y exactitud en la toma de mediciones, algunos de estos equipos de laboratorio son tomados como patrones de referencia para calibración de otros equipos. Los equipos de campo son más robustos en el aspecto resistencia a daños de su entorno. Los valores que esto pueden marcar son de precisión y exactitud aproximada, esto dependiendo de la tolerancia y también del valor económico que estos puedan tener. Generalmente se considera como indicador de la calidad de los equipos el precio y la marca.

A) Megometro Amprobe AMB-55

El Megometro AMB-55 es un instrumento de prueba de aislamiento alimentado de forma portátil por batería y también puede conectarse a la red eléctrica. Diseñado para probar la resistencia de aislamiento

mediante el uso de altos voltajes de prueba de hasta 5 kV (Users Manual AMB-55, 2011).



Figura 4: Megometro Amprobe AMB-55
Fuente: Elaboración Propia

B) Telurómetro Megabras MTD20KWe

El telurómetro digital MTD20KWe permite medir resistencias de puesta a tierra y resistividad específica del terreno, además de las tensiones espurias provocadas por corrientes parásitas presentes en el suelo.

Las principales aplicaciones de este equipo son la verificación de la resistencia de puesta a tierra de edificios, instalaciones industriales, hospitalarias y domésticas, pararrayos, antenas, subestaciones, etc. La medición de la resistividad específica del suelo permite realizar la estratificación del terreno para optimizar la ingeniería de los sistemas de puesta a tierra más complejos. Su elaborado sistema de filtros activos y pasivos les otorga una elevada inmunidad a las interferencias eléctricas, permitiendo obtener mediciones confiables en presencia de

altas tensiones parásitas, como las que se pueden encontrar en algunas áreas urbanas y en la proximidad de subestaciones primarias de transformación (Manual de uso MTD20KWe, 2009).



Figura 5: Telurómetro Megabras MTD20KWe
Fuente: Elaboración Propia

C) Pinza Amperimétrica Fluke 374FC

La pinza amperimétrica 374FC mide tensión y corriente de CA rms, tensión y corriente de CC, corriente de arranque, resistencia y capacitancia. La sonda de corriente tipo pinza flexible iFlex extraíble amplía el rango de medida a 2.500 A CA. La sonda de corriente flexible ofrece mayor flexibilidad de visualización, permite realizar medidas en conductores de tamaño difícil y acceder de forma más fácil a los cables (Manual de Uso 374FC, 2015).



Figura 6: Pinza amperimétrica 374FC Fluke
Fuente: Elaboración Propia

D) Multímetro Fluke 189 True RMS

El Fluke 189 es un multímetro con gran versatilidad y confiabilidad, es utilizado en una gran gama de actividades. Posee una pantalla LCD de gran tamaño para su mejor lectura, botoneras y selector de fácil uso y maniobra. Posee una luz auxiliar en la pantalla LCD para su fácil lectura en ambientes de poca luz.



Figura 7: Multímetro Fluke 189 True RMS
Fuente: Elaboración Propia

E) Cámara Termográfica Flir E-49

La cámara termográfica FLIR E49 es una herramienta de vital importancia en la solución de problemas eléctricos y mecánicos principalmente. Encuentra problemas no visibles para el ojo humano, tomando lecturas precisas en función de la temperatura y explayándolas en imágenes o fotografías para su posterior análisis.



Figura 8: Cámara termográfica FLIR E49
Fuente: Elaboración Propia

F) Pinza Amperimétrica busca fugas CEM DT-9810

El CEM DT9810 lee desde 0,1 mA CA y tiene un gran rango hasta 200A. Agradable y compacto, tiene una mordaza de 30 mm para garantizar que sea útil en todas las situaciones y un botón de retención de datos para tomar una lectura cuando el espacio es demasiado reducido para permitir la visualización directa de la pantalla.



Figura 9: Pinza CEM DT9810
Fuente: Elaboración Propia

G) Capacimetro YUFONG YF-150

Es un instrumento de gran versatilidad, ideal para medir la capacitancia de capacitores o condensadores electrolíticos y cerámicos.



Figura 10: Capacimetro YUFONG YF-150
Fuente: Elaboración Propia

H) Luxómetro UNIT-T UT383

UT383 es un luxómetro diseñado con tecnología de detección fotoeléctrica, transforma la intensidad de la luz captada a señales eléctricas para posteriormente procesar la información y expresarla en la pantalla LCD.



Figura 11: Luxómetro UT 383
Fuente: Elaboración Propia

3.5 Procedimientos

El desarrollo del Presente TSP fue desarrollada en la empresa INNOSAC en la provincia de Lima y distrito de San Juan de Miraflores, se tomó como muestra 8 equipos de medición eléctrica entre Megometro, telurómetro, multímetro y demás equipos utilizados para servicios generales. El estudio fue desarrollado en el segundo semestre del año 2022.

3.5.1 Etapas de diseño del plan de mantenimiento

Con la finalidad de establecer un orden de las actividades necesarias para la elaboración de actividades previas a la realización del plan de mantenimiento preventivo se desarrolló considerando las siguientes etapas:

1. Aspectos técnicos que aporten a la elaboración del análisis de criticidad
 - Codificación de los equipos
 - Análisis de criticidad de equipos
 - Cálculo de la Disponibilidad
 - Análisis de criticidad de fallas

2. Diseño del plan de mantenimiento preventivo
 - Selección y desarrollo del plan de mantenimiento preventivo

3. Elaboración de los indicadores de gestión
 - Elaboración de formatos a utilizar los cuales nos ayuden a medir la eficacia y eficiencia.

Se solicitó a la gerencia y al encargado del almacén facilidades para acceder a toda la documentación con relación a los equipos y con ello nos brindara todas las facilidades para el desarrollo del presente TSP en las instalaciones de la empresa INNOSAC.

Se procedió con la realización de lo siguiente:

A) Codificación de equipos e instrumentos

La codificación para los ocho instrumentos de medición eléctrica de la empresa INNOSAC, para su fácil identificación, será de forma alfanumérica,

con las tres primeras letras indicando el tipo de instrumento, cuyo detalle estará denotado en la Tabla 4, luego los números consecutivos empezando con 001.

Tabla 4: Codificación de equipos/instrumentos de medición

Código	Tipo de Equipo
MEG-XXX	Megometro
TEL-XXX	Telurómetro
PAM-XXX	Pinza Amperimétrica
MUL-XXX	Multímetro
CTH-XXX	Cámara Termográfica
PFU-XXX	Pinza Amperimétrica De fugas
CAP-XXX	Capacimetro
LUX-XXX	Luxómetro

Fuente: Elaboración propia

La tabla 4 indica las tres siglas iniciales según el tipo de equipo a la cual se desea referir. Posteriormente se presenta un guion “- “, y consecutivamente viene el número de equipo de ese tipo “XXX”. Por ejemplo, si hay dos equipos del tipo Megometro en almacén, uno de ellos tendrá el código MEG-001 y el otro, MEG-002. Y así con todos los demás equipos.

La codificación será como se indica en la Tabla 5, lo cual nos ayudará a una mejor identificación de los equipos medición para poder llevar un control histórico de las fallas y problemas que se presenten y poder desarrollar una mejora continua al Plan de Mantenimiento que se planteará.

Tabla 5: Tabla de codificación

CODIGO	MODELO	MARCA	NUM. SER. (S/N)	ESTADO
MEG-001	AMP-55	AMPROBE	20460533	OPERATIVO
TEL-001	MTD-20KWe	MEGABRAS	14L1901	OPERATIVO
PAM-001	374FC	FLUKE	14243328	OPERATIVO
MUL-001	189 true Rms	FLUKE	83910100	OPERATIVO
CTH-001	FLIR-E49	FLIR	50306A	OPERATIVO
PFU-001	EN61010	CEM CAT 11	200703012	OPERATIVO
CAP-001	YF-150	YUFONG	90200406	OPERATIVO
LUX-001	UT383	UNI-T	H180169929	OPERATIVO

Fuente: Elaboración propia

B) Manual técnico

Se implementa en el área de mantenimiento el uso del manual técnico brindado por el fabricante de cada equipo tal como se indica en la figura 12, el cual se usará para cada revisión y diagnóstico de falla o problema de cada equipo medición que ingrese al área por fallas o inconvenientes.

El personal técnico es capacitado en el uso del manual de reparación del equipo y/o instrumento.

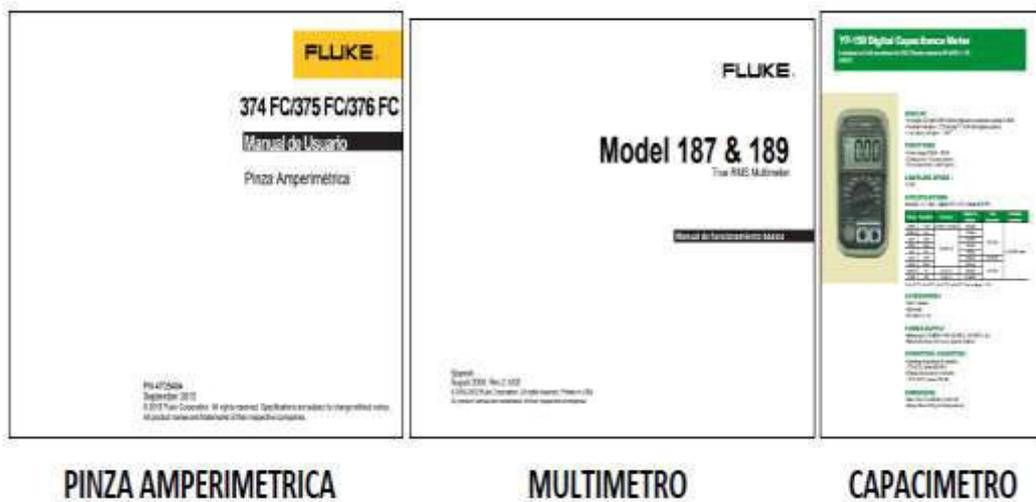


Figura 12: Manuales técnicos de los instrumentos operativos
Fuente: Amprobe, Megabras, Fluke, Flir, CEM, Yufong, Uni-t

C) Análisis de Criticidad de los equipos

Para el desarrollo del análisis de criticidad de los equipos se utilizó la siguiente matriz de ponderación de criticidad mostrada en la tabla 6 y se tomara la escala de referencia para ponderación tal como se ve en la table 7.

Tabla 6: Análisis de criticidad

MATRIZ DE CRITICIDAD							
MATRIZ DE CRITICIDAD	PESO	VALORACION DEL NIVEL DE RIESGO					
		MUY BAJO=1	BAJO=3	MEDIO=5	ALTO=7	MUY ALTO=9	
CRITERIOS	Frecuencia de falla	1	>= 1 año	De 3 meses a 12 meses	De 15 días a 3 meses	De 1 día a 2 semanas	<= 1 día
	Impacto en producción	0.3	1 hora	6 horas	12 horas	1 día	<= 3 días
	Costo de reparación	0.1	Irrelevante <= S/100	Bajo S/100 - S/1K	Razonable S/1K - S/5K	Importante S/5K - S/10K	Muy alto >= S/10K
	Impacto en seguridad	0.3	No existe riesgo para las personas	Pueden producir daños leves que desaparecen con tratamiento	Puede producir daños graves que desaparecen con tratamiento	Pueden producir daños muy graves que dejan secuelas después del tratamiento	Riesgo de muerte inminente
	Impacto ambiental y comunidades	0.3	No provoca ningún daño	Produce daños medioambientales reversibles	Produce daños medioambientales cuyos efectos no violan la normativa	Provoca daños medioambientales irreversibles dentro del local laboral	Provoca daños medioambientales irreversibles fuera del local laboral

Fuente: CMMS Consultoría y servicios para optimizar tu gestión (s.f.)

Tabla 7: Escala de referencia

CRITICIDAD	ABREVIATURA	RANGO
ALTA	AC	>25
MEDIANA	MC	[9 - 25]
BAJA	BC	<9

Fuente: CMMS Consultoría y servicios para optimizar tu gestión (s.f.)

Se procede a recopilar toda la información sobre cada instrumento de medición del área de mantenimiento la cual fue brindada por Gerencia y Área de Almacén de la empresa INNOSAC de la cual se realiza la matriz de ponderación a los 8 equipos de medición de la empresa, donde se obtuvo la lista de equipos críticos e importantes. Con esta información se puede intensificar las actividades de mantenimiento preventivo según lo requiera el equipo a tratar.

Obteniéndose un análisis de criticidad de equipos como se indica en la tabla 8, el cual nos ayudara a poder realizar nuestra programación de mantenimiento.

Tabla 8: Criticidad de equipos

ITEM	EQUIPO	CODIGO	FRECUENCIA DE FALLA	IMPACTO OPERACIONAL	COSTO DE REPARACION	IMPACTO A LA SEGURIDAD	IMPACTO AMBIENTAL	VALOR DE CRITICIDAD	CRITICIDAD DEL EQUIPO
			1	0.3	0.1	0.3	0.3		
1	MEGOMETRO	MEG-001	7	7	5	3	3	31	ALTO
2	TELUROMETRO	TEL-001	3	7	3	3	3	13	MEDIANO
3	PINZA AMPERIMETRICA	PAM-001	3	1	3	1	1	4	BAJO
4	MULTIMETRO	MUL-001	3	1	1	1	1	3	BAJO
5	CAMARA TERMOGRAFICA	CTH-001	7	5	5	3	3	27	ALTO
6	PINZA DE FUGAS	PFU-001	5	3	3	1	1	9	MEDIANO
7	CAPACIMETRO	CAP-001	3	1	1	1	1	3	BAJO
8	LUXOMETRO	LUX-001	3	3	1	1	1	5	BAJO

Fuente: Elaboración propia

D) Cálculo de la Disponibilidad

Para el cálculo de la disponibilidad se recopila información de los servicios, informes técnicos y experiencias del personal técnico, a la vez se toma como referencia sugerencias y pautas de los fabricantes indicados en los manuales técnicos referente a los periodos de funcionamiento de los equipos. Toda esta información nos ayuda a determinar los tiempos del proceso (por servicio), tiempos de parada por fallas, tiempos de reparación y todos aquellos parámetros que sean necesarios en el cálculo de la disponibilidad.

Con la información obtenida se procede hacer el cálculo de disponibilidad por equipo.

Tabla 9: Disponibilidad antes del Plan de Mantenimiento Preventivo

EQUIPO	CODIGO	TIEMPO PROMEDIO DE OPERACIÓN (horas)	TIEMPO PROMEDIO DE PARADA (horas)	DISPONIBILIDAD
MEGOMETRO	MEG-001	10.50	2.00	84%
TELUROMETRO	TEL-001	9.00	1.00	90%
PINZA AMP.	PAM-001	6.00	0.90	87%
MULTIMETRO	MUL-001	2.00	0.50	80%
CAMARA TERMO.	CTH-001	11.00	2.00	85%
PINZA DE FUGAS	PFU-001	13.50	1.50	90%
CAPACIMETRO	CAP-001	6.50	0.50	93%
LUXOMETRO	LUX-001	11.50	1.00	92%

Fuente: Elaboración Propia

E) Análisis de criticidad de las fallas en los equipos

Con los datos obtenidos, tenemos el siguiente análisis de fallas e inconvenientes de los equipos de medición eléctrica.

Nuestra criticidad de fallas está centrada en las fallas por descalibración, por fuente de poder (ya sea alterna o continua con baterías y pilas) y fallas eléctricas en sus componentes internos.

Se realizó una revisión detallada de informes encontrados para poder elaborar el cuadro con las principales fallas que presentan los equipos de medición eléctrica.

Encontrando la siguiente información que se muestra en la figura 13 donde se tiene el porcentaje de fallas por descalibración, fuente de poder y fallas eléctricas internas de los equipos medición lo cual ha sido obtenido con la información de hojas de servicio y de mantenimiento encontradas en el área de mantenimiento.

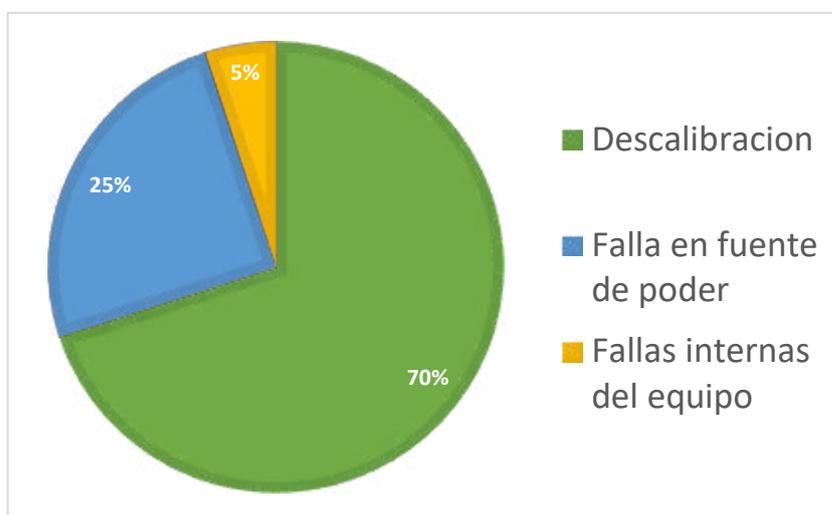


Figura 13: Criticidad de fallas en equipos/instrumentos de medición eléctrica
Fuente: Elaboración propia

Para poder elaborar un cuadro con las fallas más críticas que se presenta en cada equipo se procede a revisar el manual Técnico en las Especificaciones

Técnicas de Funcionamiento de cada equipo, según el fabricante, y poder realizar nuestro cuadro más detalladamente el cual nos servirá para poder realizar nuestro Plan de Mantenimiento Preventivo.

Realizando un análisis del de las condiciones de cada equipo con la información brindada por el personal del área de mantenimiento, tenemos las siguientes características y puntos principales que se debe tener presente en cada mantenimiento que se realice a los equipos de medición. Tal como se muestra en la tabla 10.

Tabla 10: Principales puntos para el mantenimiento

CODIGO	FUENTE DE PODER	BOTONERA	PANTALLA LCD	PROTECCION	TEST DE PRUEBA
MEG-001	Recargable interna *Verificar nivel de voltaje/carga	*Encendido y apagado *Parámetros y de prueba	*visibilidad *brillo *Encendido de Leds	*Revisar fusibles *Realizar Prueba al cargador	*Test de prueba y comparar con patrón
TEL-001	Recargable interna *Verificar nivel de voltaje/carga	*Encendido y apagado *Parámetros y de prueba	*visibilidad *brillo *Encendido de Leds	*Revisar fusibles *Realizar Prueba al cargador	*Test de prueba y comparar con patrón
PAM-001	Desechable *Verificar nivel de Voltaje	*Encendido y apagado *Parámetros y de prueba	*visibilidad *brillo *Encendido de Leds	*Revisar fusibles	*Test de prueba y comparar con patrón
MUL-001	Desechable *Verificar nivel de Voltaje	*Encendido y apagado *Parámetros y de prueba	*visibilidad *brillo *Encendido de Leds	*Revisar fusibles	*Test de prueba y comparar con patrón
CTH-001	Recargable interna *Verificar nivel de voltaje/carga	*Encendido y apagado *Parámetros y de prueba	*visibilidad *brillo *Encendido de Leds	*Revisar fusibles *Realizar Prueba al cargador	*Test de prueba y comparar con patrón
PFU-001	Desechable *Verificar nivel de Voltaje	*Encendido y apagado *Parámetros y de prueba	*visibilidad *brillo *Encendido de Leds	*Revisar fusibles	*Test de prueba y comparar con patrón
CAP-001	Desechable *Verificar nivel de Voltaje	*Encendido y apagado *Parámetros y de prueba	*visibilidad *brillo *Encendido de Leds	*Revisar fusibles	*Test de prueba y comparar con patrón
LUX-001	Desechable *Verificar nivel de Voltaje	*Encendido y apagado *Parámetros y de prueba	*visibilidad *brillo *Encendido de Leds	*Revisar fusibles	*Test de prueba y comparar con patrón

Fuente: Elaboración propia

Parte del mantenimiento también es revisar el estado de su calibración y cuidar los frecuencia y fechas de calibración para siempre tener equipos disponibles y aptos para la ejecución de los servicios en cualquier momento que el cliente lo requiera.

Tabla 11: Tabla de Calibraciones

CODIGO	ULTIMA CALIBRACION	FRECUENCIA	CALIBRACION	PROXIMA CALIBRACION
MEG-001	27/06/2022	anual	vigente	27/06/2023
TEL-001	16/02/2022	anual	vigente	16/02/2023
PAM-001	3/07/2022	anual	vigente	3/07/2023
MUL-001	23/04/2022	anual	vigente	23/04/2023
CTH-001	23/07/2022	semestral	vigente	23/01/2023
PFU-001	16/08/2022	semestral	vigente	16/02/2023
CAP-001	15/05/2021	anual	vencida	INMEDIATA
LUX-001	15/12/2021	anual	vencida	INMEDIATA

Fuente: Elaboración propia

Añadiendo a lo antes mencionado con respecto a la calibración en función de periodos de tiempo o a la frecuencia, también existen otros criterios o factores que pueden tomarse como indicadores para saber cuándo corresponde realizar una calibración a los equipos. Estos criterios son los siguientes:

- Según la recomendación del fabricante
- Severidad y rango del uso esperado del equipo
- Influencias ambientales
- Incertidumbre o tolerancia requerida
- Definida según la normativa regulatoria o por el cliente
- Experiencia previa o criticidad del equipo
- Condiciones de uso

En general, el criterio de frecuencia de entre 6 meses y 1 año es más común y es el más aceptado. La mayoría de los equipos pueden ser puestos en esta categoría ya que la mayoría de los fabricantes dan especificaciones a 1 año. Es posiblemente la frecuencia que da la mejor relación entre costo y riesgo, siempre y cuando las condiciones de medición sean óptimas y el proceso no sea crítico.

F) Programa de Mantenimiento Anual

Se detalla el programa de mantenimiento anual, donde se programa la frecuencia de los mantenimientos mes a mes, basándonos en la criticidad de los equipos previo análisis.

Programa de mantenimiento anual de los equipos medición para la empresa INNOSAC el cual se visualiza en la tabla 12:

Tabla 12: Programa de mantenimiento anual

ITEM	CODIGO	2023											
		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	MEG-001	M		M		M		M		M		M	
2	TEL-001	M		M		M		M		M		M	
3	PAM-001		M		M		M		M		M		M
4	MUL-001		M		M		M		M		M		M
5	CTH-001	M		M		M		M		M		M	
6	PFU-001	M		M		M		M		M		M	
7	CAP-001		M		M		M		M		M		M
8	LUX-001		M		M		M		M		M		M

M MANTENIMIENTO PREVENTIVO
 CALIBRACION DEL EQUIPO

Fuente: Elaboración propia

Ya contamos con la frecuencia con la cual se realizarán los mantenimientos y calibraciones, para este caso será una frecuencia bimestral, lo cual se ha

designado según su criticidad y su necesidad de disponibilidad para el servicio al cliente, posteriormente se elaboró una lista de actividades de mantenimiento basándonos en las recomendaciones de los fabricantes y en las experiencias obtenidas de las fallas de los equipos como en la fuente de poder, de calibración, internas de los componentes de los equipos, etc., y según análisis realizado, se elaboró la siguiente tabla 13 el cual nos ayudara a realizar el plan de mantenimiento Preventivo enfocándonos en los puntos más críticos que presentan los equipos, con lo cual se revisa lo indicado y se toma la decisión de ejecutar un mantenimiento preventivo, un mantenimiento correctivo o dar de baja el equipo y que sea remplazado por otro operativo.

Tabla 13: Actividades para el mantenimiento de equipos de medición

TIPO	CODIGO	ACTIVIDAD
Instrumento y/o Equipo de Medición eléctrica	MEG-001	Revisar estado y operatividad de fuente de poder.
	TEL-001	Revisar nivel de carga de baterías y cambiarlas de ser necesario.
	PAM-001	Revisar estado de accesorios, cables y sondas de cada equipo.
	MUL-001	Revisar sistema de encendido y apagado.
	CTH-001	Revisar si todas las botoneras y selectores cumplen su función en el instrumento.
	PFU-001	Tomar mediciones de prueba y compararlas con una referencia.
	CAP-001	Revisar estado de pantalla indicadora de parámetros.
	LUX-001	Revisar puertos y conectores de recepción de los cables y sondas.
		Revisar el ciclo de calibración.
	Revisar el estado de los fusibles de protección.	
	Revisión de condiciones de almacenamiento.	

Fuente: Elaboración propia

Para fallas en la tarjeta principal o en componentes electrónicos de gran relevancia en la funcionalidad del equipo, se recomienda que el laboratorio de calibración sea el responsable de desensamblar y revisar cada componente del equipo y que sea el laboratorio quien indique si existe reparación de la pieza o se procede a dar de baja al equipo por completo.

3.6 Resultado de la Actividad

El Plan de Mantenimiento Preventivo diseñado en este Trabajo de Suficiencia Profesional se realizó y se presentó como propuesta de implementación para los equipos de medición eléctrica de la empresa INNOSAC.

Se proyecta una mayor disponibilidad de los equipos de medición eléctrica para la ejecución de servicios y un mejor mantenimiento y durabilidad de estos, otorgándole a la empresa mayor confiabilidad frente a sus clientes y mejores utilidades. En la siguiente tabla 14 podemos apreciar los nuevos tiempos de parada proyectados una vez implementado el Plan de Mantenimiento Preventivo.

Tabla 14: Disponibilidad Proyectada con el Plan de Mantenimiento Preventivo

EQUIPO	CODIGO	TIEMPO PROMEDIO DE OPERACIÓN (horas)	TIEMPO PROYECTADO DE PARADA (horas)	DISPONIBILIDAD PROYECTADA
MEGOMETRO	MEG-001	10.50	0.50	95%
TELUROMETRO	TEL-001	9.00	0.50	95%
PINZA AMP.	PAM-001	6.00	0.30	95%
MULTIMETRO	MUL-001	2.00	0.20	91%
CAMARA TERMO.	CTH-001	11.00	0.60	95%
PINZA DE FUGAS	PFU-001	13.50	0.25	98%
CAPACIMETRO	CAP-001	6.50	0.20	97%
LUXOMETRO	LUX-001	11.50	0.30	97%

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 15 podemos apreciar la comparación de las disponibilidades actuales con respecto a las disponibilidades proyectadas de cada activo una vez implementado el Plan de Mantenimiento Preventivo.

Tabla 15: Comparación de Disponibilidad Actual con Disponibilidad Proyectada del Plan de Mantenimiento Preventivo

TIPO	CODIGO	DISPONIBILIDAD ACTUAL	DISPONIBILIDAD PROYECTADA CON P.M.P.
MEGOMETRO	MEG-001	84%	95%
TELUROMETRO	TEL-001	90%	95%
PINZA AMPER.	PAM-001	87%	95%
MULTIMETRO	MUL-001	80%	91%
CAM. TERMO.	CTH-001	85%	95%
PINZA FUGAS	PFU-001	90%	98%
CAPACIMETRO	CAP-001	93%	97%
LUXOMETRO	LUX-001	92%	97%

Nota: P.M.P. (Plan de Mantenimiento Preventivo)

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO IV: CONCLUSIONES

El diseño del plan de mantenimiento preventivo para la empresa INNOSAC, elaborado en este Trabajo de Suficiencia Profesional, es propuesto en diciembre del 2022 y queda pendiente de aprobación e implementación.

4.1 Justificación

Esta propuesta de implementación se realizó por la necesidad de proteger uno de los activos más importantes de la empresa la cual esta plasmada en sus equipos y herramientas.

Para comenzar, el grado de inversión de estos equipos es elevado considerando que INNOSAC es una empresa pequeña y nueva, la cual realiza el esfuerzo para equiparse del mejor modo posible para dar la mejor atención a sus clientes. Por otra parte, al mantener en buen estado y excelentes condiciones estos equipos, se pueden ofrecer servicios de mayor calidad. Lo que conlleva, generar mayor confianza en los clientes, dar reconocimiento a la empresa, aumento de su demanda laboral, reducción de costos de operación y mayores utilidades.

4.2 Presentación de Resultados

4.2.1 Seguridad

Sobre la seguridad y la integridad de los equipos de medición se debe resaltar que la implementación de un Plan de Mantenimiento preventivo es muy importante, esto debe ir de la mano con un buen almacenamiento de los equipos y un buen uso de ellos. Por ende, el Plan de mantenimiento preventivo debe complementarse con la capacitación constante del personal que opera y manipula los equipos. Todas estas indicaciones acopladas a las recomendaciones del fabricante garantizan una vida útil más prolongada de los equipos y todos los beneficios que esto conlleva posteriormente.

4.2.2 Costos

Para presentar una proyección de los costos, se evaluó el costo de implementación del mantenimiento y los precios de los equipos de medición eléctrica.

4.2.2.1 Costos de Equipos de Medición

Tabla 16: Costos de los Equipos de Medición

ITEM	DESCRIPCION	COSTO
1	MEGOMETRO AMPROBE AMB-55	\$4,472.20
2	TELUROMETRO MEGABRAS MTD-20KWe	\$1,180.00
3	PINZA AMPERIMETRICA FLUKE 374FC	\$460.00
4	MULTIMETRO FLUKE 189	\$880.00
5	CAMARA TERMOGRAFICA FLIR E49	\$1,420.00
6	PINZA PARA FUGAS CEM DT9810	\$142.00
7	CAPACIMETRO YUFONG YF-150	\$55.00
8	LUXOMETRO UNI-T UT383	\$27.00
TOTAL USD		\$8,636.20
TOTAL SOLES		S/33,249.37

Nota: tipo de Cambio 1 dólar = 3.85 soles

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.2 Costos de implementación de Plan de Mantenimiento Preventivo

Tabla 17: Costo del Plan de Mantenimiento Preventivo (Anual)

ITEM	DESCRIPCION	CANT.	COSTO UNT.	COSTO
1	MANO DE OBRA/EQUIPO (PROMEDIO)	48	S/15.00	S/720.00
2	CALIBRACION/EQUIPO (PROMEDIO)	10	S/150.00	S/1,500.00
3	IMPLEMENTOS Y MATERIALES	48	S/10.00	S/480.00
4	ELABORACION DE FORMATOS Y DOCUMENTACION	1	S/40.00	S/40.00
			TOTAL SOLES	S/ 2,740.00

Fuente: Elaboración Propia

En la evaluación económica se toma valores promedio por mano de obra calificada y calibración afectada a cada equipo, esto para poder trabajar y ver los valores reales generados de forma anual.

El personal considerado para el mantenimiento pertenece a la planilla laboral de la empresa y el costo de mano de obra está en función al salario por hora laborada, tiempo promedio para la ejecución del mantenimiento por equipo.

En el análisis económico se puede apreciar que el costo de implementar el plan de mantenimiento preventivo representa el 8.2% del costo total de los equipos y, también, representa el 16% del equipo más caro que es el Megometro.

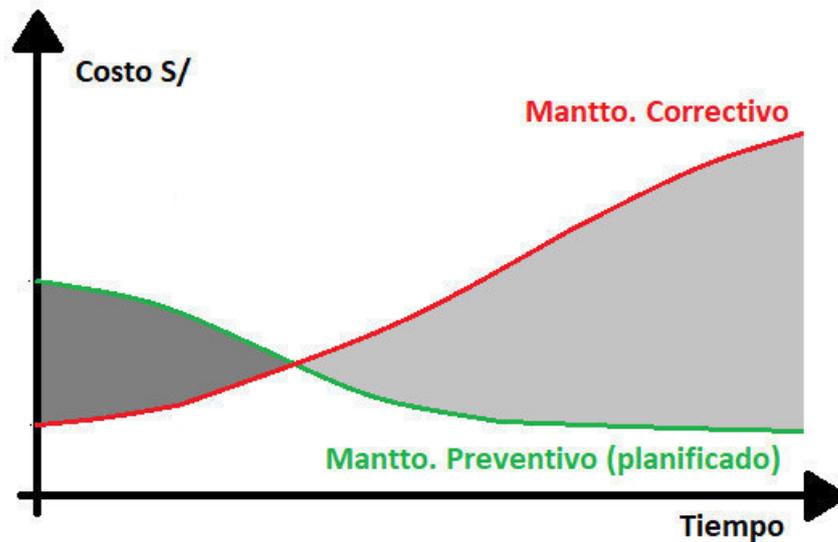


Figura 14: Costo del Mantenimiento con Relación al Tiempo
Fuente: Predictiva21

En este caso, el costo por mantenimiento preventivo inicialmente puede verse como un gasto mayor al de un correctivo, pero sus beneficios se notarán en el mediano y largo plazo reduciendo considerablemente los gastos por mantenimiento correctivo y pérdidas por paradas. A la vez, genera mayor liquidez a la empresa y no retorna.

4.3 Conclusiones

1. El presente trabajo de suficiencia profesional es de gran importancia y practicidad aplicativa porque indica el procedimiento de implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo, el cual ayudaría al aumento de la disponibilidad de los equipos de medición eléctrica y a los beneficios económicos que esto generaría en el mediano y largo plazo.
2. La codificación de los equipos es importante para la elaboración e implementación del plan de mantenimiento, ya que gracias a esta actividad se logra mantener un orden y control de cada equipo,

pudiendo registrar cada intervención y generando un historial de atención y detalle de las condiciones de cada equipo.

3. Por medio del análisis de criticidad se pudo identificar que 4 equipos se encuentran en una criticidad baja, 2 equipos en una criticidad media y 2 equipos se encontraba en criticidad alta. Esta información sirve para la realización del plan de mantenimiento preventivo. El desarrollo de este trabajo es en base a la criticidad de cada equipo lo cual permite atender, de forma jerárquica, primero aquellos equipos en estado crítico alto y luego aquellos que son críticos mediano y final mente aquellos que son críticos bajo.
4. Se estimó que la disponibilidad actual de los equipos, sin implementar el plan de mantenimiento, esta entre 84% y 92%. Si bien es un porcentaje de disponibilidad que no se puede considerar mala o baja, se puede mejorar y con ello aumentar la productividad y calidad de atención hacia los clientes.
5. El aporte de los manuales técnicos, fichas técnicas, catálogos, especificaciones técnicas de los fabricantes, ayuda con el propósito del análisis de criticidad y al diseño del plan de mantenimiento preventivo. Esta documentación indica los parámetros normales que deben presentarse en el correcto funcionamiento de los equipos y estos datos son tomados como referencias al momento de las pruebas y mantenimientos de los equipos de medición eléctrica.
6. Los costos más elevados se generan cuando la producción se para por un problema de falla y al no estar previsto, se necesitan más recursos y materiales para corregir el problema. Todo esto se resume es costo por mantenimiento correctivo. En cambio, el mantenimiento preventivo permite anticiparse y atender problemas muy tempranamente, ello reduce considerablemente los costos por producción y reduce al mínimo el tiempo de parada y las pérdidas que esto podría generar.

CAPITULO V: RECOMENDACIONES

- Debe impulsarse una campaña de concienciación para la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en todas las empresas, desde las más pequeñas hasta las más grandes, claro con mayor énfasis en las más pequeñas. Esto ayudaría mucho al medio ambiente puesto que no se generaría muchos desechos por el mayor tiempo de vida útil de los activos. Por otra parte, impulsaría al desarrollo e investigación en materia de Gestión de Mantenimiento.
- Se recomienda cuidar toda la documentación de fabrica que viene cuando se adquiere un equipo nuevo. Mantener actualizado siempre el inventario de equipos, operativos e inoperativos, así como cuidar el stock de materiales del almacén para planificar el trabajo de mantenimiento.
- Se recomienda mantener capacitado de forma constante al personal técnico sobre los procedimientos técnicos del mantenimiento y las nuevas tecnologías en equipos y maquinarias.
- Se debe implementar un plan de mantenimiento preventivo no solo por el cuidado de los bienes materiales e ingresos económicos de la empresa. Si no también para salvaguardar la integridad del recurso humano como los operarios y supervisores, quienes son personal operativo y están en constante contacto con las maquinarias e instalaciones de la empresa.

- Se recomienda auditar periódicamente, al menos de forma anual, la implementación y desarrollo del plan de mantenimiento preventivo, esto con la finalidad de garantizar el correcto funcionamiento del Plan de mantenimiento y evitar pérdidas de recursos de la empresa.
- El Procedimiento de diseño de plan de mantenimiento debe adaptarse para todas las áreas y activos de la empresa, incluso puede desarrollarse planes de mantenimiento por áreas o departamentos, los cuales podrían trabajar de forma coordinada para no descuidar la productividad de la empresa.

CAPITULO VI: BIBLIOGRAFIA

- AMPROBE (2011) *AMB-55 5000V Insulation Resistance Tester User's Manual*. s.l., obtenido de: https://www.amprobe.com/wp-content/uploads/2019/12/AMB-55_Insulation-Resistance-Tester_Manual.pdf
- Castela, Francisco. (2017) *Funciones y Actividades del Mantenimiento. Mantenimiento Industrial Web*, obtenido de: <https://mantenimientointustrialweb.wordpress.com/author/frankioi/>
- CMMS (2019) *Evaluación De Criticidad De Equipos – Método De Jerarquización*. Perú, obtenido de: <https://cmms.pe/evaluacion-de-criticidad-de-equipos-metodo-de-jerarquizacion/>
- Cruz Ramos, Luis Clemente. (2016) *Diseño de plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad y confiabilidad en las maquinas circulares de la empresa textil WG SAC – Lima*. Tesis de Grado en Ingeniería Mecánica Eléctrica. Universidad Cesar Vallejo. Perú, obtenido de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/6455>
- Encina Ruiz, Franklin. (2019) *Plan de mantenimiento basado en criticidad para aumentar la disponibilidad de equipos área de producción de conservas de pimiento en la empresa Danper Trujillo S.A.C*. Tesis de Grado en Ingeniería Industrial. Universidad Cesar Vallejo. Perú, obtenido de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/38441>
- Fernández Campuzano, Alexey. (2007) *Análisis de Criticidad del Equipamiento Productivo en UEB Pasteurizadora de Santa Clara*. Trabajo de Diploma de

Ingeniería Industrial. Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas. Cuba, obtenido de: <https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/2502>

FLUKE (2015) *374 FC/375 FC/376 FC Clamp Meter User's Manual*. Estados Unidos, obtenido de: <https://www.instrumart.com/assets/Fluke-37xFC-manual.pdf>

Integra Markets, Grupo América Factorial SAC. (2018) *Gestión y Planificación del Mantenimiento Industrial. Integra Markets. Segunda.*, obtenido de: <https://issuu.com/integramarkets/docs/gestion-y-planificacion-del-manteni>

Lozada Zapata, Percy Armando (2020). *Diseño de un plan de gestión de mantenimiento preventivo para mejorar la eficiencia de las máquinas y equipos de la empresa Rocagu S.R.L. Pacasmayo*. Tesis de Grado en Ingeniería Industrial. Universidad Señor de Sipán. Perú, obtenido de: <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/7608>

Ramírez Chucchucan, José Luis. (2020) *Diseño de un plan de mantenimiento basado en la criticidad para aumentar la disponibilidad de los equipos de geosintéticos de la Empresa El Aliso SS.GG S.R.L.* Tesis de Grado de Ingeniería Mecánica Eléctrica. Universidad Cesar Vallejo. Perú, obtenido de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/48572?locale-attribute=es>

Ramírez, Julio Cesar y Moreno, Hugo Fernando. (2017) *Elaboración de un análisis de criticidad y disponibilidad para la atracción X TREME del parque Mundo Aventura, tomando como referencia las normas, SAE JA1011 y SAE JA1012*. Proyecto de Investigación de Ingeniería Eléctrica. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Colombia, obtenido de: <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/7854>

Ramos Sparrow, Julio Oswaldo. (2017). *Aumento de la disponibilidad mediante la implementación de un plan de mantenimiento preventivo a las maquinarias de la empresa Atlanta Metal Drill S.A.C.* Tesis de Grado en Ingeniería

Mecánica. Universidad Nacional de Trujillo. Perú, obtenido de:
<https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/10142>

Salazar, Bryan. (2019) ¿Qué es la Gestión del Mantenimiento? *Ingeniería Industrial Online.com*, obtenido de:
<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/gestion-de-mantenimiento/que-es-la-gestion-del-mantenimiento/>

Sandoval Mora, Marcos Darío. (2012) *Diseño e implementación de un plan de mantenimiento para Industria de Servicios Técnicos, INSETECA C.A.* Trabajo Especial de Grado en Ingeniería Eléctrica. Universidad de Carabobo. Venezuela

Soto Baltazar, Jean Pierre Fitzgerald. (2016) *Mantenimiento basado en la confiabilidad para el mejoramiento de la disponibilidad mecánica de los volquetes FAW en GYM S.A.* Tesis de Grado de Ingeniería Mecánica. Universidad Nacional del Centro del Perú. Perú, obtenido de:
<https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/3654>

TENTECH CORPORATION y MEGABRAS (2009) *MTD20KWe Digital earth tester. User's Guide.* Estados Unidos, obtenido de:
https://assets.tequipment.net/assets/1/26/Tentech_MTD20KWe_Digital_Earth_Tester_Users_Guide_Manual.pdf

Valdés Atencio, Jorge Luis y San Martín Pacheco, Erick Armando. (2009) *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo-predictivo aplicado a los equipos de la empresa Remaplast.* Trabajo de Grado de Administración Industrial. Universidad de Cartagena. Colombia, obtenido de:
<https://repositorio.unicartagena.edu.co/handle/11227/802>

Valdivieso Torres, Juan Carlos. (2010) *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa Extruplas S.A.* Tesis de Grado en Ingeniería Mecánica. Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador, obtenido de:
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/831>

CAPITULO VII: ANEXOS

Anexo 1: Certificado de calibración de Telurómetro Megabras MTD20kwe

INGENIERIA Y LABORATORIO DE METROLOGIA DE ELECTRICIDAD

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CCA - 02521 - 2022

Página 1 de 2

FECHA DE EMISIÓN: 2022-02-16

SOLICITANTE : INNOVACION INDUSTRIAL G & B S.A.C

DIRECCIÓN : Av. Prol. de San Juan, Pamploña Sector 15 de Sep Mza A Lt. 23- Lima

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : TELUROMETRO

Marca : MEGABRAS

Modelo : 20KWE

N° de serie : 14L1901

Tipo : Digital

Alcance de escala : 20Ω/200Ω/2000Ω/20KΩ

Fecha de calibración : 2022-02-16

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Realizadas en el laboratorio de ALOR INNOVA SAC,
Ubicado en Av. Los Alisos 1023. Piso 2. Los Olivos

METODOS DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa
con nuestro calibrador patrón según procedimiento.

CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	22.6 °C	22.9 °C
HUMEDAD RELATIVA	64.8%	66.0%

ALOR INNOVA SAC, es un laboratorio de Calibración y certificación de equipos de medición basada a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

ALOR INNOVA SAC, brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizado la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad como armas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO DE CALIBRACION
ALOR INNOVA
S.A.C.
V°B°

David Ortiz Arangoza
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO ELECTRICISTA
Reg. CIP N° 151688

ALOR INNOVA SAC, no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la Calibración declarados en el presente documento.

★ Av. Los Alisos 1023 - Of. 201 - Los Olivos, Lima III, Perú ☎ +51 986615305 📧 contacto@alorinnova.com 🌐 www.alorinnova.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE ALOR INNOVA S.A.C

Anexo 2: Certificado de Calibración de Megometro Amprobe AMB-55

INGENIERIA Y LABORATORIO DE METROLOGIA DE ELECTRICIDAD



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CCA - 016322 - 2022

FECHA DE EMISIÓN: 2022-06-27 Página 1 de 2

SOLICITANTE : INNOVACION INDUSTRIAL G & B S.A.C

DIRECCIÓN : Av. Prol. de San Juan, Pamplona Sector 15 de Sep Mza A Lt. 23 - Lima

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : MEGÓHMETRO

Marca : AMPROBE

Modelo : AMB-55

N° de serie : 20460533

Tipo : Digital

Alcance de escala : 0kΩ..10TΩ / 250..5000V

Fecha de calibración : 2022-06-27

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Realizadas en el laboratorio de ALOR INNOVA SAC.
Ubicado en Av. Los Alisos 1023, Piso 2, Los Olivos.

MÉTODOS DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa con nuestro calibrador patrón según procedimiento.

CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	21.6 °C	21.4 °C
HUMEDAD RELATIVA	64.2%	64.6%

ALOR INNOVA SAC, es un laboratorio de Calibración y certificación de equipos de medición basada a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

ALOR INNOVA SAC, brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizado la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad como armas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce





David Ortiz Arizumi
JEFE DE LABORATORIO
INGENIERO ELECTRICISTA
Reg. CIP N° 151688

ALOR INNOVA SAC, no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la Calibración declarados en el presente documento.

Av. Los Alisos 1023 - Of. 201 - Los Olivos, Lima 39, Perú | +51 986615305 | doriz@alorinnova.com | www.alorinnova.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE ALOR INNOVA S.A.C.

Anexo 3: Formato para Ejecución de Mantenimiento

PAG. 1 DE 1		FORMATO PARA EJECUCION DE MANTENIMIENTO						
REVISION:								
EMISION:								
FECHA:		HORA						
RESPONSABLE:							MECANICO	
							ELECTRICO	
DESCRIPCION					HORA		TIPO DE MANTTO	
ITM	ACTIVIDADES REALIZADAS	EQUIPO	CODIGO	HOROMETRO	INICIO	FINAL	CORRECTIVO	PREVENTIVO
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
ITM	REPUESTOS/MATERIALES USADOS	UNIDAD	CANTIDAD	EQUIPO	FABRICANTE	COD. REPUESTO		
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
OBSERVACIONES:								
TECNICO:					SUPERVISOR:			
FIRMA:					FIRMA:			
FECHA:					FECHA:			

Anexo 4: Formato Check List para atención de los Equipos

CHECK LIST DE INSTRUMENTOS DE MEDICION					
1. DATOS GENERALES					
1.1 Codigo Instrumento		1.4 Fecha	/	/	
1.2 Obra/Proyecto					
1.3 Area de Trabajo					
2. INSTRUMENTO					
Multimetro() Megometro() Teluometro() Pinza Amp.() Pinz Fug() Luxometro() Cam. Termografica() Capacimetro() Otros:.....					
3. PUNTOS DE INSPECCION					
ITM	DESCRIPCION	Si	No	NA	OBSERVACIONES
3.1	Instrumento				
3.1.1	El interruptor de encendido/inicio funciona correctamente.				
3.1.2	El instrumento cuenta con todos sus accesorios para un trabajo normal.				
3.1.3	Las tomas se encuentran en buen estado.				
3.1.4	La carcaza del instrumento se encuentra en buenas condiciones				
3.1.5	El instrumento permite el uso de todas sus funciones de forma				
3.1.6	El instrumento cuenta con su verificacion de color del mes adecuadamente.				
3.2	Baterias y Cargadores				
3.2.1	Baterias en buen estado y duran un tiempo aceptable.				
3.2.2	Los cargadores cumplen su funcion de forma correcta.				
3.2.3	El cableado de conexión del cargador de baterias se encuentra sin cortes y en buen estado				
3.2.4	El enchufe de cargador de baterias se encuentra en buen estado y con su cale a tierra.				
3.3	Operador				
3.3.1	El operador utiliza los EPP necesarios y completos.				
3.3.2	El operador se encuentra autorizado para manipular el instrumento.				
3.3.3	El operador tiene conocimientos respecto a los riesgos asociados a este instrumento.				
4. COMENTARIOS					
ELABORADO POR			REVISADO POR		
Nombre:			Nombre:		
Cargo:			Cargo:		
Fecha:			Fecha:		
Firma:			Firma:		

Anexo 5: Formato por Mantenimiento Correctivo

FICHA POR MANTENIMIENTO CORRECTIVO			
NOMBRE DEL REPORTADOR			
AREA			
DESCRIPCION DEL EQUIPO			
EQUIPO			
MARCA			
MODELO			
NUM. DE SERIE		CODIGO	
REPORTE DE FALLA: 			
REFACCIONES UTILIZADAS			
CANTIDAD	DESCRIPCION	PORPORCIONADA	SOLICITAR
DIAGNOSTICO Y OBSERVACIONES: 			
TIPO DE MANTENIMIENTO			
PREVENTIVO PROGRAMADO() PREVENTIVO NO PROGRAMADO() CORRECTIVO() LIMPIEZA() REVISION()			
OBSERVACIONES ALMACEN			
SOBRE LA RECEPCION DEL EQUIPO		SOBRE EL RETIRO DEL EQUIPO	
RECIBE		RECIBE	

Anexo 6: Especificaciones Técnicas AMB-55

General specifications

Battery power supply	7.2 V DC (6 × 1.2V NI-MH IEC LR14)
Mains power supply	90-260 V AC, 45-65 Hz, 40 VA (300V CAT III)
Protection classification	double insulation 
Over-voltage category	600 V CAT IV
Pollution degree	2
Degree of protection	IP 40 with case closed
Dimensions (w × h × d)	31 x 13 x 25 cm (12 x 5 x 10 in)
Weight (without accessories, with batteries)	3 kg (6.6 lb)
Visual and sound warnings	yes
Display LCD dot matrix with backlight	LCD dot matrix with backlight - (160x116)
Memory	Non-volatile internal memory, 1000 numerical measurements with time and date.

Environment Conditions

Working temperature range	-10 °C - 50 °C (14° - 122°F)
Nominal (reference) temperature range	10 °C - 30 °C (50° - 86°F)
Storage temperature range	-20 °C - +70 °C (-4° - 158°F)
Maximum humidity	90% RH (0 °C - 40 °C/ 32° - 104°F) non-condensing
Nominal (reference) humidity range	40 % - 60 % RH
Nominal altitude	up to 2000m (6561 ft)

Auto-Calibration

Auto-calibration of measuring system	Every time after turning power on
--------------------------------------	-----------------------------------

Connecting System

Two safety banana sockets	+OUT, -OUT (10kV CAT I, Basic)
Two GUARD. banana sockets	GUARD (600V CAT IV, Double)
Guard resistance	200 kΩ±10 %

Discharging

Every time after measurement completion.

Discharging resistance	300 kΩ±10 %
------------------------	-------------

RS232 Serial Communication

RS232 serial communication	Galvanic separated
Baud rates	4800, 9600, 19200 baud, 1 stop bit, no parity.
Connector	Standard RS232 9-pin D female.

Usb Communication

USB slave communication	Galvanic separated
Baud rates	115000 baud,
Connector	Standard USB connector - type B.

Clock

Built-in Real time clock	Displayed permanently and stored as a parameter in combination with the result.
--------------------------	---

Anexo 7: Especificaciones Técnicas MTD20KWe

4. Especificaciones técnicas

Aplicación	: Medición de resistencias de puesta a tierra (3 bornes), resistividad específica del suelo (4 bornes) y tensiones presentes en el terreno.
Método de medición de resistencia	: El telurómetro inyecta en el terreno una corriente estabilizada electrónicamente, y mide con alta precisión la tensión que aparece en el terreno por circulación de esa corriente a través de la resistencia de difusión de la puesta a tierra. La lectura de R es directa, en el display.
Inmunidad a las perturbaciones	: La frecuencia de operación cumple con la ecuación: $fg = \frac{2n + 1}{2} \times fi$ Donde: fg = frecuencia de la corriente generada por el telurómetro n = número entero. fi = frecuencia industrial. El cumplimiento de esta ecuación implica que la frecuencia de operación no coincidirá con ninguna armónica de la frecuencia industrial. Eso permite, mediante el empleo de filtros adecuados, eliminar el efecto de las corrientes parásitas presentes en los terrenos estudiados.
Funcionamiento como voltímetro	: En la función voltímetro el equipo opera como voltímetro convencional de CA permitiendo verificar la presencia y medir las tensiones generadas por las corrientes parásitas.
Rangos de medición	: Resistencias: 0-20Ω; 0-200Ω; 0-2.000Ω; 0-20kΩ Tensión: 0-200 V~
Exactitud	: Medición de resistencias: ± (2% del valor medido + 1% del máximo valor de la escala utilizada) Medición de tensión: ± (2% del valor medido + 1% del fondo de escala)
Resolución de lectura	: 0,01 Ω en la medición de resistencia. 0,1 V en la medición de tensión.

Anexo 8: Especificaciones Técnicas Fluke 374FC

Máximo voltaje entre cualquier terminal y tierra	1000V	Tamaño (alto x ancho x largo)	249 mm x 85 mm x 45 mm
Pilas	2 AA, NEDA 15 A, IEC LR6	Peso	410 g
Temperatura de funcionamiento	-10 °C a +50 °C	Apertura de Mordaza	34 mm
Temperatura de almacenamiento	-40 °C a +60 °C	Diámetro de la sonda flexible de corriente	7,5 mm
Humedad de funcionamiento	Sin condensación (< 10 °C) ≤90 % de HR (a 10 °C hasta 30 °C) ≤75 % de HR (a 30 °C hasta 40 °C) ≤45 % de HR (a 40 °C hasta 50 °C)	Longitud del cable de la sonda de corriente flexible (directo al conector de electrónica)	1,8 m
Altitud de funcionamiento	2000 m		
Altitud de almacenamiento	12000 m		

Anexo 9: Especificaciones Técnicas Fluke 189 True RMS

Función	Rangos/Descripción
Tensión de CC	0 a 1000 V
Tensión de CA, RMS real	2,5 mV a 1000 V – ancho de banda de 100 kHz
Exactitud básica	Tensión de CC: 0,025 % Tensión de CA: 0,4 %
Corriente CC	0 a 10 A (20 A durante 30 segundos)
Corriente CA, RMS real	25 µA a 10 A (20 A durante 30 segundos)
Resistencia	0 a 500 MΩ
Conductancia	0 a 500 nS
Capacitancia	0,001 nF a 50 mF
Prueba de diodos	3,1 V
Temperatura	-200 °C a 1350 °C (-328 °F a 2462 °F)
Frecuencia	0,5 Hz a 1000 kHz
Intervalos de registro (LOGGING) (modelo 189 solamente)	Pueden almacenarse por lo menos 288 intervalos. Se agregan automáticamente hasta 707 valores de sucesos inestables (Véase AutoHOLD) a la memoria de LOGGING solamente para visualización por medio del software opcional para ordenadores. Si la señal es estable, se registrarán intervalos adicionales hasta 995.
Lecturas guardadas (SAVE) (modelo 189 solamente)	El usuario puede guardar hasta 100 lecturas en una memoria separada de la memoria de registro. Estas lecturas se pueden visualizar mediante VIEW MEM.

Anexo 10: Especificaciones Técnicas FLIR Flir-E49

Características de la imagen	
Campo de visión/distancia focal mínima	45° x 34° / 0,5 m
Rango espectral	7,5 - 13 µm
Frecuencia de imagen	9 Hz
Enfoque	Sin enfoque
Matriz de Plano Focal (FPA)	Microbolómetro sin refrigerar
Presentación de imagen	
Pantalla	3" 320 x 240 color LCD
Ajustes de imagen	ajuste automático/bloqueo de imagen
Medida	
Rango de temperatura del objeto	-20°C to +250°C
Precisión	±2 °C o ±2% de la lectura ,a temperatura ambiente de 10°C a35°C y temperatura de objeto superior a + 0°C
Análisis de medida	
Puntos	Puntero central
Corrección de emisividad	Variable desde 0.1 a 1.0
Tabla de emisividades	Tabla de emisividad de materiales predefinida
Corrección de temperatura aparente reflejada	Automática, basada en los datos insertados
Configuración	
Paletas de colores	Hierro, arco iris, Blanco/negro
Controles de configuración	Adaptación local de unidades, idioma, fecha y hora
Almacenamiento de imagen	
Capacidad de almacenamiento de imágenes	Memoria interna para almacenar mínimo 500 imágenes
Modo	Almacenamiento simultaneo de imagen IR, visual y MSX
Formatos	Estándar JPEG - 14 bit con datos de la medida incluidos
Interfaz de transferencia de datos	
Interfaz	Micro USB : Transferencia de datos al y desde el PC y dispositivos MAC
Sistema de alimentación	
Tipo de batería	Li-Ion recargable
Tensión de la batería	3,7 V
Tiempo de operación de la batería	Aprox. 4 horas a +25°C temperatura ambiente y uso normal
Sistema de recarga	En el interior de la cámara o cargador específico
Tiempo de carga	2,5 horas hasta el 90% de capacidad en la cámara. 2 horas en el cargador
Administración de energía	Apagado automático
Sistema CA	Adaptador de CA , entrada 90-260 VAC , 5 VDC salida a la cámara
Especificaciones ambientales	
Intervalo de temperaturas de uso	-15°C a +50°C
Intervalo de temperatura de almacenamiento	-40°C a +70°C
Humedad	IEC 60068-2-30/24 h 95% humedad relativa
EMC	<ul style="list-style-type: none"> • WEEE 2012/19/EC • RoHS 2011/65/EC • C-Tick • EN 61000-6-3 • EN 61000-6-2 • FCC 47 CFR Part 15 Class B
Golpes	25 g, IEC 60068-2-29
Vibración	2 g, IEC 60068-2-6
Caidas	2m
Características físicas	
Dimensiones	244 x 95 x 140 mm
Peso	575 g, batería incluida
Tamaño transporte	303 x 206 x 128 mm
Peso transporte	2,7 kg (FLIR E8: 2,95 kg)