

MODELO DE ESTANDARIZACIÓN EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA
EQUIPOS DE LABORATORIO DE SUELOS EN LA EMPRESA IVERSA SAS

CLAUDIA ISABEL COSTILLA DIAZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2023

MODELO DE ESTANDARIZACIÓN EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA
EQUIPOS DE LABORATORIO DE SUELOS EN LA EMPRESA IVERSA SAS

CLAUDIA ISABEL COSTILLA DIAZ

Monografía de grado presentada como requisito para optar el título de Especialista en
Gerencia de Mantenimiento

Director: DAVID ALFREDO FUENTES DÍAZ
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA

2023

AGRADECIMIENTOS

A los profesores de los diferentes cursos de la especialización de Gerencia de Mantenimiento, por sus aportes de conocimiento en las distintas áreas que dieron lugar al desarrollo de este trabajo.

A la ingeniera encargada del laboratorio de suelos de la empresa Iversa sas, por su disposición y colaboración al compartir sus conocimientos y experiencia sobre los equipos del laboratorio.

CONTENIDO

	Pag.
INTRODUCCIÓN.....	10
1. CONTEXTUALIZACION DEL PROBLEMA.....	12
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	12
1.1.1 Organigrama de la empresa.....	13
1.1.2 Construcción en Boyacá.....	13
1.1.3 Redes hidráulicas.....	14
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.3 OBJETIVOS.....	17
1.3.1 Objetivo general.....	17
1.3.2 Objetivos específicos.....	17
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	17
2. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1 LA ESTANDARIZACIÓN.....	18
2.1.1 Pasos para la estandarización de procesos.....	19
2.1.2 Principales objetivos que busca la estandarización.....	19
2.1.3 Beneficios de la estandarización.....	19
2.1.4 Ventajas de la estandarización de procesos en las empresas.....	20
2.2 QUÉ ES EL MANTENIMIENTO.....	22
2.2.1 Mantenimiento correctivo.....	22
2.2.2 Mantenimiento preventivo.....	23
2.2.3 Mantenimiento periódico.....	23
2.2.4 Mantenimiento predictivo.....	23
2.2.5 Mantenimiento programado.....	23
2.3 GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.....	24
2.3.1 Ventajas de la gestión de mantenimiento.....	24
3. MARCO CONCEPTUAL.....	26

3.1 LABORATORIO DE SUELOS.....	26
3.1.1 Estándares de calidad.....	26
3.1.2 Suelo.....	26
3.1.3 Estudio de suelo.....	26
3.2 DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO DE CORTE DIRECTO.....	27
3.3 INSTRUCTIVOS.....	28
3.4 ORGANISMOS DE ESTANDARIZACIÓN.....	28
3.4.1 La ISO.....	28
3.4.2 Norma técnica colombiana NTC – ISO/IET 17025.....	29
3.4.2.1 Calibración.....	30
3.4.2.2 Mantenimiento.....	30
3.4.2.3 Verificación.....	30
4. RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	31
4.1 TAXONOMIA DE LOS EQUIPOS.....	31
4.1.1 Equipo de corte directo.....	35
4.1.2 Equipo de compresión inconfiada.....	35
4.1.3 Equipo de consolidación de suelos.....	38
4.1.4 Balanza analógica.....	40
4.1.5 Comparadores de caratula análogos y digitales.....	40
4.2 ANÁLISIS DE CRITICIDAD.....	41
4.3 ANALISIS DE MODOS DE FALLA PARA CADA EQUIPO.....	46
4.3.1 Análisis funcional.....	46
4.3.2 Identificación de los modos de falla.....	48
5. MODELO PROPUESTO.....	52
5.1 DOCUMENTACIÓN TÉCNICA.....	53
5.1.1 Fichas técnicas.....	55
5.1.2 Hoja de vida de los equipos.....	55
5.1.3 Plan de mantenimiento.....	57
5.1.4 Solicitud de repuestos.....	61
5.1.5 Orden de trabajo.....	62

5.2 RECURSO HUMANO.....	64
5.2.1 Capacitación.....	65
5.2.1.1 Objetivos de la capacitación.....	65
5.2.1.2 Capacitaciones especializadas.....	65
5.2.1.3 Personal requerido.....	65
6. CONCLUSIONES.....	67
BILIOGRAFIA.....	69

LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1. Puntuación para análisis de criticidad.....	43
Tabla 2. Matriz de criticidad.....	44
Tabla 3. Criticidad para el equipo de corte directo.....	45
Tabla 4. Criticidad para el equipo de compresión inconfiada.....	45
Tabla 5. Criticidad para el equipo de consolidación de suelos.....	46
Tabla 6. Análisis funcional de los equipos.....	47
Tabla 7. Análisis de modo de falla del equipo de corte directo.....	49
Tabla 8. Análisis de modo de falla del equipo de compresión inconfiada.....	50
Tabla 9. Análisis de modo de falla del equipo de consolidación de suelos.....	51
Tabla 10. Ficha técnica del equipo de corte directo.....	53
Tabla 11. Ficha técnica del equipo de compresión inconfiada.....	54
Tabla 12. Ficha técnica del equipo de consolidación de suelos.....	54
Tabla 13. Hoja de vida del equipo de corte directo.....	55
Tabla 14. Hoja de vida del equipo de compresión inconfiada.....	56
Tabla 15. Hoja de vida del equipo de consolidación de suelos.....	57
Tabla 16. Plan de mantenimiento para el equipo de corte directo.....	58
Tabla 17. Plan de mantenimiento para el equipo de compresión inconfiada.....	59
Tabla 18. Plan de mantenimiento para el equipo de consolidación.....	60
Tabla 19. Solicitud de repuestos.....	62
Tabla 20. Orden de trabajo.....	64

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Ubicación de la empresa y desarrollo de sus actividades.....	12
Figura 2. Organigrama de la empresa.....	13
Figura 3. Grafica de ventas de vivienda nueva en Boyacá.....	13
Figura 4. Proyecto de vivienda zafiro, Sogamoso - Boyacá.....	14
Figura 5. Arreglo de alcantarillado, Chita - Boyacá.....	15
Figura 6. Equipo de corte directo de suelos de la empresa Iversa SAS.....	16
Figura 7. Pasos para estandarizar.....	21
Figura 8. Equipo de corte directo.....	31
Figura 9. Motor del equipo de corte directo.....	32
Figura 10. Comparador de caratula Baker.....	33
Figura 11. Caja de corte del equipo de corte directo.....	34
Figura 12. Caja de control.....	34
Figura 13. Celda de carga.....	35
Figura 14. Equipo de compresión inconfiada.....	36
Figura 15. Anillo de carga.....	37
Figura 16. Equipo de consolidación.....	38
Figura 17. Tabla de valores para ensayo de consolidación.....	39
Figura 18. Balanza.....	40
Figura 19. Comparadores de caratula.....	41

RESUMEN

TITULO:

MODELO DE ESTANDARIZACIÓN EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS DE LABORATORIO DE SUELOS EN LA EMPRESA IVERSA SAS*

AUTOR:

CLAUDIA ISABEL COSTILLA DÍAZ**

PALABRAS CLAVE:

ESTUDIO DE SUELOS, ESTANDARIZACIÓN, GESTION DE MANTENIMIENTO, ENSAYOS DE SUELOS.

CONTENIDO:

Esta monografía muestra el desarrollo de un modelo de estandarización en la gestión de mantenimiento para los equipos del laboratorio de suelos de la empresa Iversa sas, realizado como respuesta a una necesidad de inexistencia de un estándar en la gestión de mantenimiento y con el fin de mejorar y establecer un orden a la hora de realizar los mantenimientos, además de mejorar la productividad y reducir tiempo en el desarrollo de cada ensayo.

Este desarrollo está soportado por información técnica de los equipos de ensayos de suelos y por el conocimiento de las personas que operan las máquinas y realizan los ensayos, saber que fue de gran ayuda en toda la metodología, principalmente en la identificación de las partes de cada equipo, de sus funciones y en el correcto análisis de modos de falla. Una vez hecho esto se propone un plan de mantenimiento, y unos lineamientos para llevarlo a cabo, tales como orden de trabajo, fichas técnicas, hoja de vida de equipos, solicitud de repuestos y manual de operación.

Finalmente se propone una guía para la capacitación de operadores, ya que, el recurso humano es el principal factor para la ejecución y mejora continua del mantenimiento. Todo lo anterior con el propósito de incrementar la productividad y disminuir tiempos.

*Monografía de grado

**Facultad de ingenierías físico – mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento.

Director: David Alfredo Fuentes Díaz

ABSTRACT

TITLE:

STANDARDIZATION MODEL ON THE MAINTENANCE MANAGEMENT FOR SOIL LABORATORY EQUIPMENT IN THE IVERSA SAS COMPANY.

AUTHOR:

CLAUDIA ISABEL COSTILLA DÍAZ

KEYWORDS:

LABORATORY EQUIPMENT, STANDARDIZATION, MAINTENANCE MANAGEMENT, SOIL TESTS.

CONTENTS:

This monograph shows the development of standardization model in maintenance management for the soil laboratory equipment of Iversa sas company, This was done in response to a need for the non-existence of a standard in maintenance management, with the purpose of improve and establish an order when working on maintenance, in addition to improve productivity and reduce time in the development of each test.

This development is supported by technical information from the soil tests equipment and by the knowledge of the people who operate the machines and carry out the tests, this knowledge was of great help in the entire methodology, mainly in the parts identification of equipment, their functions and in the correct analysis of failure modes. Once this is done, a maintenance plan is proposed, and some guidelines to carry it out, such as work order, technical sheets, equipment resume, spare parts request and operation manual.

Finally, a guide for operators training of is proposed, since human resources are the main factor for the realization and continuous improvement of maintenance. All previous with the purpose of increasing productivity and reducing time.

*Monograph

**Physical – Mechanical Faculty. Maintenance Management Specialization.

Director: David Alfredo Fuentes Díaz

INTRODUCCIÓN

Toda obra civil requiere un alto control de calidad para tener éxito en los proyectos, es así que se necesita un control en todos los procesos de la construcción incluyendo los ensayos de laboratorio que son indispensables en la toma de decisiones a la hora de iniciar un proyecto ya que permiten evaluar la capacidad de soporte y estabilidad de los suelos para la construcción de estructuras y obras civiles.

La estandarización en los ensayos proporciona y garantiza mayor calidad en los resultados de los ensayos, también un mejor conocimiento de los equipos, permite desarrollar planes de mantenimiento, protocolos de procedimientos y mejor uso, minimiza las posibilidades de errores y aumenta la confiabilidad de los resultados. Además, los procesos estandarizados permiten que el operador trabaje de manera eficiente al tener claras las instrucciones que tienen que seguir. También, la capacitación y entrenamiento del personal facilita ahorrando tiempo.

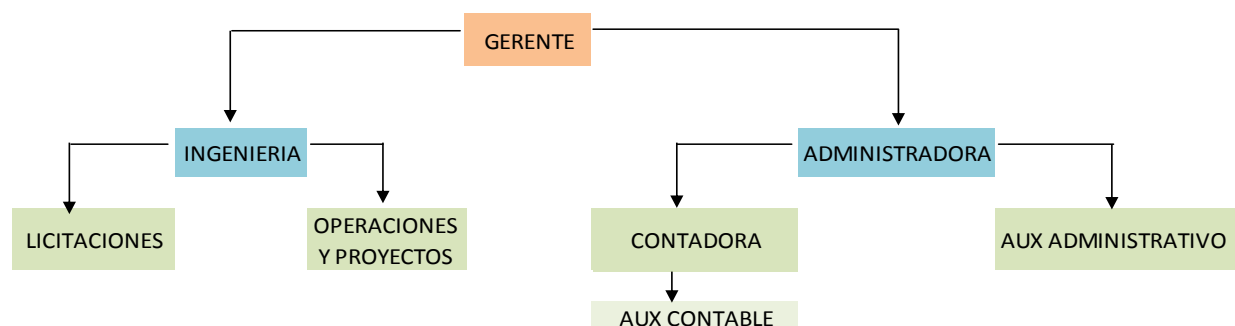
Esta monografía muestra el desarrollo de un modelo de estandarización para la gestión del mantenimiento y desarrollo de los ensayos hechos por los equipos del laboratorio, principalmente los equipos de corte de la empresa Iversa sas.

1.1 DESCRIPCION DE LA EMPRESA: Iversa sas es una empresa dedicada al desarrollo de proyectos de ingeniería civil, principalmente en las áreas de consultoría, construcción de redes hidráulicas, viviendas y estudios de suelos. Se encuentra ubicada en la ciudad de Sogamoso Boyacá. Es una empresa nueva, con un recorrido de 3 años y de ha realizado obras en distintos municipios del departamento de Boyacá.

12

1.1.1 Organigrama de la empresa

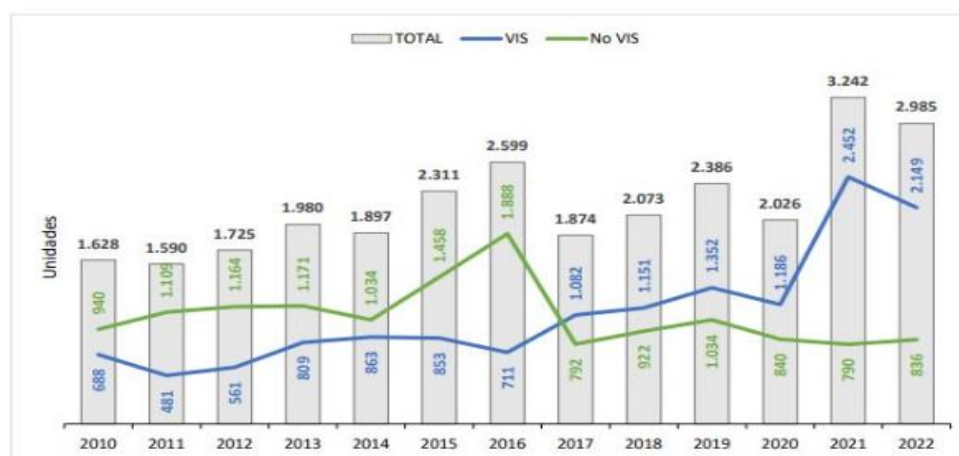
Figura 2. Organigrama de la empresa



Fuente. Autor del proyecto.

1.1.2 Construcción en Boyacá. El sector de la construcción en Boyacá es cada vez más fuerte, según la cámara colombiana de la construcción CAMACOL, debido a que registra altas cifras en ventas de vivienda en los últimos dos años, en 2022 se comercializó 2985 viviendas en el corredor de Tunja, Paipa, Duitama y Sogamoso. Lo que demuestra el fortalecimiento del mercado. Ana Elvia Ochoa, gerente general de CAMACOL afirmó que el sector de la construcción aportó más de 510.000 millones a la economía del departamento.

Figura 3. Grafica de ventas de vivienda nueva en Boyacá.



Fuente. <https://periodicoeldiario.com/la-construccion-en-boyaca-es-un-sector-cada-vez-mas-fuerte/> Febrero 2023.

Es por esto, que la empresa le apuesta en este momento a la construcción de vivienda en la ciudad de Sogamoso, en este momento con un proyecto de torre de apartamentos de 5 pisos. El proyecto se encuentra en una ubicación central.

Figura 4. Proyecto de vivienda zafiro, Sogamoso - Boyacá.



Fuente: Autor del proyecto, Abril 2023.

1.1.3 Redes hidráulicas. La empresa cuenta con especialistas en sistemas de agua potable y saneamiento básico, como acueductos, alcantarillados, plantas de tratamiento de agua potable y residual.

Figura 5. Arreglo de alcantarillado, Chita - Boyacá.

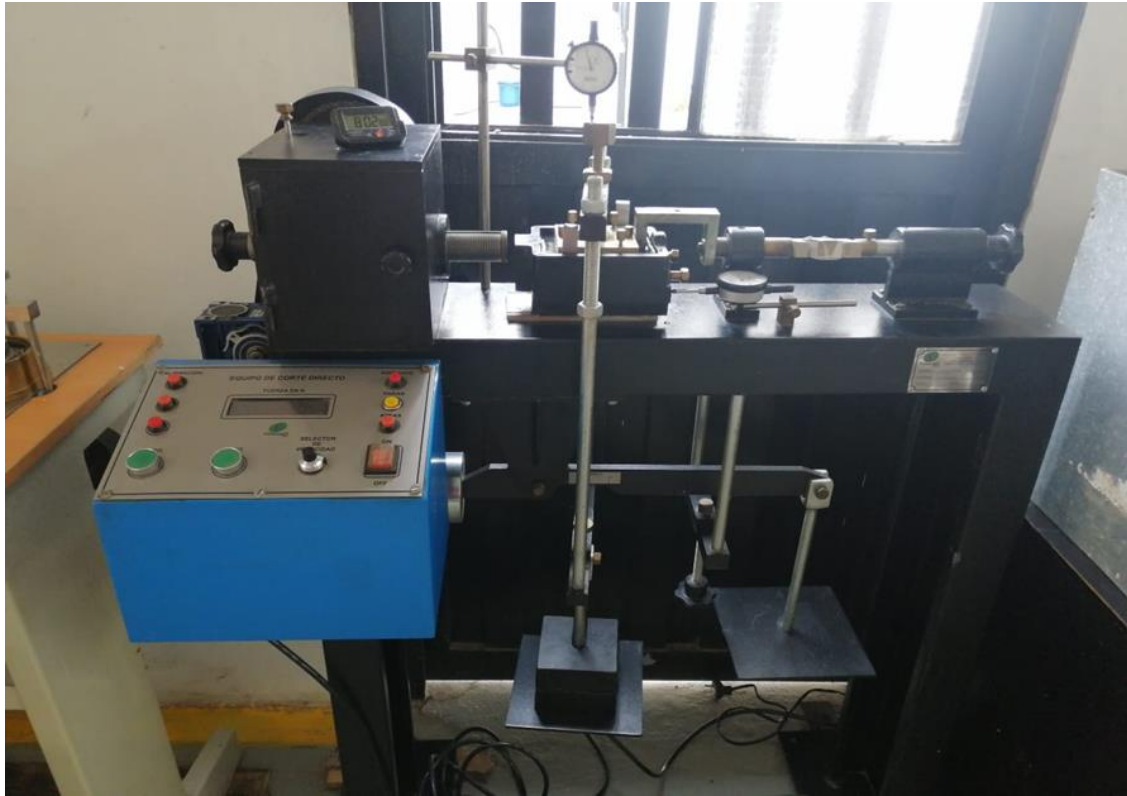


Fuente. Autor del proyecto.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa Iversa sas ubicada en la ciudad de Sogamoso, cuenta con un laboratorio dotado por varios equipos para el estudio de suelos, importante para el desarrollo de los proyectos, dentro de los cuales se encuentra el equipo de compresión inconfiada de suelos, equipo de consolidación de suelos y equipo de corte directo. Estas máquinas calculan la deformación de una muestra y determinan propiedades de resistencia en materiales drenados y consolidados, por medio de distintos ensayos. En su mayoría, los equipos son muy manuales, necesitan de la mano humana para la toma de datos precisos y su correcto funcionamiento.

Figura 6. Equipo de corte directo de suelos de la empresa Iversa SAS.



Fuente: Autor del proyecto.

Existen distintas fallas en el proceso de ejecución de los ensayos, principalmente inexistencia de catálogos de modo de uso, fichas técnicas, manuales de mantenimiento, ausencia de estándares para procedimiento de ensayos, en consecuencia se han producido errores en toma de datos y demoras.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General. Diseñar modelo de estandarización para la gestión de mantenimiento de procedimientos de ensayos de equipos del laboratorio de suelos de la empresa Iversa sas.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar partes, funciones y fallas de los equipos del laboratorio de suelos de la empresa Iversa sas, a los cuales se les va a realizar el modelo de estandarización.
- Desarrollar métodos de análisis de modos de falla a los equipos de laboratorio de suelos de la empresa Iversa sas.
- Elaborar instructivos de mantenimiento de los equipos de laboratorio, por medio de procesos de estandarización de la normatividad ISO.
- Desarrollar el proceso de capacitación del personal involucrado en el manejo de los equipos y realización de los ensayos.

1.4 JUSTIFICACION DEL PROYECTO

La calidad y tiempo de operación son las principales razones para crear metodologías que generen mayor eficiencia en los procedimientos de ejecución de los ensayos de suelos, en el laboratorio de la empresa Iversa sas, técnicas de estandarización que ayuden a mejorar el desempeño al realizar la tarea, reduciendo fallas, minimizando las tiempo de operación, disminuyendo errores en la toma de datos y mejorando la calidad del trabajo.

2. MARCO TEORICO

El objetivo, según la Organización Internacional de Normalización (ISO), es garantizar que todas las partes implicadas en los procedimientos de una organización los lleven a cabo de forma coherente.

La estandarización es un enfoque del trabajo cuyo objetivo es hacer que los procesos sean menos variables, con lo que se reducen los errores, se mantienen las mismas condiciones y se producen sistemáticamente los mismos resultados. El aspecto más crucial de la estandarización de procesos es llevarla a cabo correctamente, satisfaciendo al mismo tiempo las necesidades de la empresa.

2.1 LA ESTANDARIZACION

Según Chiavenato, la normalización es un conjunto de directrices para productos, herramientas, máquinas, equipos, métodos y procedimientos que se utilizan para realizar una tarea. Estas directrices tienen en cuenta el proceso en sí, así como las variables que pueden repercutir en la calidad del bien o servicio final, además de los elementos que garantizan el cumplimiento de la norma dentro de unos límites específicos y de la normativa nacional.¹

Es de gran utilidad estandarizar los métodos de trabajo porque permite evaluar a las habilidades del operario y aumentar la calidad de los productos, todo esto trae como consecuencia una reducción en los costos.

El objetivo de estandarizar procesos en una empresa es ofrecer productos y servicios a los clientes con un alto nivel de calidad.²

¹ PACHECO ALFARO, Andre Gianfranco; Estandarizacion de los procesos de mix y batido para mejorar la eficiencia de unaplanta de produccion de helados. *Universidad Nacional Mayos de San Marcos*, 2020.

² Ibid., P,18.

2.1.1 Pasos para la estandarización de procesos. Para llevar a cabo las etapas de normalización de los procesos industriales se siguen los siguientes pasos:

1. Incluir al personal operativo
2. Investigar las opciones y elegir la mejor estrategia para lograr el objetivo del proceso.
3. Documento con imágenes, diagramas y un resumen.
4. Entrene y capacite al personal.
5. Poner oficialmente en uso la norma.
6. Comprobar los resultados.
7. Si el resultado cumple la norma, siga adelante con la aplicación; si no, haga ajustes.³

2.1.2 principales objetivos que busca la estandarización:

- Reducción de modelos, manteniendo sólo los absolutamente necesarios.
- Intercambiabilidad a escala global: unificación.
- Especificación: Crear un lenguaje sencillo para reducir los errores de identificación.⁴

2.1.3 Beneficios de la estandarización:

- Se conservan la experiencia y los conocimientos.
- Ayuda en la evaluación del rendimiento.
- Establece una base para la formación de los empleados.
- Establece una base para realizar auditorías.
- Minimizan la variabilidad
- Contribuyen a la documentación y registro⁵

³ ALDAS Santiago; Estandarizacion de procesos de la empresa TEXTILES TECNICOS, *Universidad Tecnica de Ambato*, 2014.

⁴ *Ibíd.*, p.36.

⁵ POMA GALLO, Josselyn Natalia; Propuesta de Estandarizacion de procesos productivos a una asociación de Mypes del sector de calzado en Lima. *Universidad Peruana de ciencias aplicadas*, 2013.

2.1.4 Ventajas de la estandarización de procesos en las empresas. -La formación de una cultura de trabajo más eficaz y coordinado es posible gracias a la normalización de los procesos. Al crear una norma, se establecen directrices para garantizar que todos los empleados desempeñan sus funciones de manera uniforme. Esto supone una serie de beneficios para la empresa, tales como:⁶

- **Prevenir la variación de procesos.** Esto es especialmente útil para empresas con numerosas sedes o sucursales. Todas las plantas funcionan de acuerdo con la misma norma, lo que permite comparar y estandarizar los resultados.
- **Reducir costos.** Se asigna al personal un planteamiento de trabajo que permite ahorrar tiempo y costes, al tiempo que evita las pérdidas ocasionadas por procedimientos ineficaces.
- **Aumentar la productividad y la eficiencia.** Al definir una norma, se puede organizar el trabajo y utilizar los recursos de la forma más eficaz, lo que se traduce en una mejora de la productividad y la eficiencia.
- **Fomentar la innovación y la creatividad.** Estableciendo directrices y organizando el trabajo de forma que los empleados tengan más libertad para hacerlo.
- **Elevar el nivel del trabajo.** Establecer normas disminuye la incidencia de errores y eleva el nivel del bien o servicio.⁷

⁶ ENTEL EMPRESAS, ComunidadEmpresas. Cómo funciona la estandarización de procesos.[En línea](Recuperado en 6 de febrero de 2023). Disponible en: <https://ce.entel.cl/articulos/estandarizacion-de-procesos/>.

⁷ Ibíd., ENTEL EMPRESAS.

- **Cumplir la ley.** La creación de normas permite cumplir estrictos requisitos de seguridad y calidad al tiempo que se respeta la ley.⁸
- **Acortar los plazos de envío y de producción.** se optimiza el tiempo y por lo tanto se reduce el tiempo de producción y entrega, es así que hay una mayor satisfacción de los clientes.⁹

Figura 7. Pasos para estandarizar.



Fuente: <https://www.grupoitemsa.com/estandarizacion-del-trabajo-metodos-y-tiempos/>.

⁸ ENTEL EMPRESAS, ComunidadEmpresas. Cómo funciona la estandarización de procesos.[En línea](Recuperado en 6 de febrero de 2023). Disponible en: <https://ce.entel.cl/articulos/estandarizacion-de-procesos/>.

⁹ Ibíd., ENTEL EMPRESAS.

2.2 QUE ES EL MANTENIMIENTO

Conjunto de acciones que se deben realizar a las instalaciones, bienes y equipos con el fin de prevenir o corregir fallas, buscando que éstos continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados. Se debe organizar un grupo de personas que se encarguen de ello y formar un equipo de mantenimiento.

Una máquina o equipo necesita ser mantenido para su conservación, para asegurar que la tarea que realiza como parte del proceso de fabricación se lleve a cabo en su totalidad, y para mantener la capacidad de producción en el nivel requerido. Esto incluye una serie de elementos: disminuir los costes de reparación y mantenimiento de los equipos, reducir los gastos de funcionamiento para mejorar las ventajas de la actividad, y aprovechar al máximo el capital invertido en instalaciones y equipos.¹⁰

2.2.1 Mantenimiento correctivo. Su objetivo es arreglar una avería que se produce en un momento determinado. Su finalidad es poner en marcha la maquinaria de la forma más rápida y barata posible. Este mantenimiento se realiza más en las pequeñas empresas, y pueden llevar las siguientes fases:¹¹

- Determine el problema y sus causas.
- Investigue las distintas opciones de reparación.
- Considere las ventajas de cada opción y elija la mejor.
- Disponga de personal y herramientas necesarias.
- Supervise las actividades a desarrollar.
- Archive información de tiempos, personal y las debidas observaciones.¹²

¹⁰ BOTERO, Camilo; Manual de mantenimiento, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, 1993. Disponible en: https://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/view/1188/1302. P. 35.

¹¹ Ibíd., p.37.

¹² Ibíd., p.37.

2.2.2 Mantenimiento preventivo. El objetivo del mantenimiento preventivo es prever la aparición de fallos en los activos y equipos. Se lleva a cabo mediante un programa previamente determinado de tareas como revisiones, inspecciones y lubricación. Se basa en un análisis de las necesidades de mantenimiento de un equipo, teniendo en cuenta qué tareas deben realizarse mientras la máquina está en funcionamiento y cuáles cuando está parada. El rendimiento de un programa de mantenimiento preventivo depende de un análisis exhaustivo de cada equipo, así como del cumplimiento y control de todas las acciones.¹³

2.2.3 Mantenimiento periódico. Esta clase de mantenimiento, se realiza después de un periodo de tiempo considerable (normalmente entre seis y doce meses). Suele conllevar paradas prolongadas para realizar reparaciones importantes en plantas de proceso como las petroquímicas, azucareras y cementeras. Para llevar a cabo las acciones en el menor tiempo posible, este tipo de mantenimiento requiere una fuerte planificación e interacción entre el área de mantenimiento y las demás partes de la empresa.¹⁴

2.2.4 Mantenimiento predictivo. Este mantenimiento nos indica por medio de estudios y análisis cuales elementos están presentando alguna variación en sus condiciones iniciales de trabajo, estos análisis se hacen por medio de tomas de termografía, y demás mediciones no destructivas. Casi en su totalidad, las inspecciones se realizan con la máquina en funcionamiento y sin ocasionar paros en la producción. Los más comunes son de ruido, de temperatura, de desgaste y vibraciones.¹⁵

2.2.5 Mantenimiento Programado. Otro método de mantenimiento utilizado hoy en día, que se basa en la idea de que las piezas se deterioran constantemente de la misma manera y durante el mismo periodo de tiempo, a pesar de funcionar en distintos

¹³ BOTERO, Camilo; Manual de mantenimiento, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, 1993, [En línea] Disponible en: https://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/view/1188/1302. P. 36.

¹⁴ *Ibíd.*, p.36.

¹⁵ *Ibíd.*, p.36.

entornos. En este tipo de mantenimiento, se lleva a cabo un examen exhaustivo del equipo industrial para identificar las piezas que deben cambiarse, así como la frecuencia con la que deben hacerse los cambios, utilizando datos estadísticos e información del fabricante.¹⁶

2.3 GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

Para garantizar la eficacia operativa de una empresa u organización, la gestión del mantenimiento es esencial, este tiene varios objetivos:

- Control de costos
- Control de tiempos
- Gestión de recursos
- Garantizar el cumplimiento de la normativa.
- Planificar y programar el trabajo con eficacia.¹⁷

Supervisar el rendimiento de herramientas, maquinaria, instalaciones y otros equipos forma parte de la gestión del mantenimiento. Además, reduce las paradas de producción provocadas por averías de los equipos y el despilfarro de recursos.¹⁸

2.3.1 Ventajas de la gestión del mantenimiento

- Aumentar la eficacia operativa: Esto hará que el equipo funcione con mayor fluidez y prolongará su vida útil.
- Ahorro de tiempo: Las tareas de mantenimiento preventivo reducen el tiempo de inactividad relacionado con las averías de los equipos.

¹⁶ CEGID VALUEKEEP; Gestión de mantenimiento: ¿qué es y como optimizarla? [en línea](recuperado el 20 de marzo de 2023). Disponible en: <https://valuekeep.com/es/gestion-de-mantenimiento/>

¹⁷ Ibíd., CEGID VALUEKEEP.

¹⁸ Ibíd., CEGID VALUEKEEP.

- Garantizar la seguridad de las personas y los bienes: Al realizar el mantenimiento preventivo rutinario, se garantiza el funcionamiento del equipo, la seguridad y el riesgo para los técnicos que trabajan con él.¹⁹

¹⁹ CEGID VALUEKEEP; Gestión de mantenimiento: ¿qué es y como optimizarla? [en línea](recuperado el 20 de marzo de 2023). Disponible en: <https://valuekeep.com/es/gestion-de-mantenimiento/>

3. MARCO CONCEPTUAL

3.1 LABORATORIO DE SUELOS

Con el fin de satisfacer las necesidades de experimentos o pruebas, se creó un espacio especialmente acondicionado con una variedad de equipos y componentes de medición, según el área en la que se enfoque el laboratorio en cuestión, en este caso ensayos de muestras de suelo.²⁰

3.1.1 estándares de calidad. Hoy en día, la tendencia global está enfocada en políticas enfocadas a brindar productos y servicios de mayor calidad, para una mayor competitividad. Por lo tanto las empresas deben involucrar a todo el personal en el cumplimiento de directrices de calidad que se definen en tres etapas: La primer es el control de calidad que tiene que ver con la inspección de los procesos, luego viene la garantía de la calidad y finalmente los sistemas de gestión de calidad definidos como grupo de elementos internacionales en una organización.

3.1.2 suelo. Es el material mineral no consolidado que compone la superficie del planeta y que se ve afectado a lo largo del tiempo por causas medioambientales y genéticas.²¹

3.1.3 Estudio de suelo. Un estudio del suelo sirve para determinar sus propiedades físicas y mecánicas, como los materiales que componen las capas profundas del suelo y el mejor tipo de cimentación para el proyecto que se desea realizar. En este caso la empresa Iversa sas cuenta con equipos para realizar ensayos a suelos arcillosos solamente.

²⁰ EcuRed. Laboratorio [En línea] (Recuperado el 13 de abril de 2023). Disponible en: <https://www.ecured.cu/Laboratorio>

²¹ JARAMILLO, Daniel; Introducción a la ciencia del suelo, Universidad Nacional de Colombia, 2002.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Esta prueba se fundamenta en colocar una muestra de suelo humedecida y drenada en una caja de corte, aplicando una fuerza normal determinada, y otra horizontal desplazándose a una velocidad constante, buscando una deformación y una fuerza de corte. Sus características son:

- El ensayo de corte directo puede utilizarse para determinar, con bastante rapidez, las características de resistencia de los materiales drenados y consolidados. Se permite que la presión de poro adicional se disipe más rápidamente con estos ensayos que con otros ensayos drenados, ya que las vías de drenaje a través de las probetas son cortas. Para el ensayo puede utilizarse cualquier tipo de suelo inalterado, renovado o compactado. Sin embargo, el tamaño de partícula más grande permitido en las muestras está limitado.²²
- Los resultados del ensayo pueden utilizarse para calcular la resistencia al cizallamiento bajo presiones de actuación normales en un entorno de campo cuando ya se ha producido una consolidación completa. En condiciones drenadas, la rotura se produce gradualmente, disipando las presiones de poro excesivas. La relación entre las tensiones de consolidación y la resistencia al corte en condiciones drenadas puede expresarse utilizando los resultados de numerosos ensayos.²³
- Al tiempo que garantiza la disipación del exceso de presión de poros, la modesta velocidad de desplazamiento también permite el movimiento plástico de los suelos cohesivos blandos. Asegúrese de que las condiciones de ensayo reflejan fielmente las circunstancias de la investigación.²⁴

²² PATIÑO MORENO, Carlos Roberto; Análisis de la influencia de la presión de confinamiento en la determinación del ángulo de fricción en la prueba de Corte Directo, *Universidad de las Américas Puebla*, 2006.

²³ *Ibíd.*, p.23.

²⁴ *Ibíd.*, p.23.

- La selección de las circunstancias generales de ensayo, incluyendo el rango de tensiones típicas, la velocidad de deformación y las condiciones del suelo bajo examen, debe hacerse para reflejar esas condiciones.²⁵

3.3 INSTRUCTIVOS

Los instructivos describen como llevar a la práctica los trabajos y son geeralmente escritos por las personas operarias e instructores, estas actividades describen tareas específicas. Cada instructivo por lo general contiene determinados ítems tales como: objetivo, alcance, descripción de actividades, registros, referencias a otros documentos, anexos y control de cambios.

3.4 ORGANISMOS DE ESTANDARIZACIÓN O NORMALIZACIÓN

3.4.1 La ISO. La ISO (Organización Internacional de Normalización), con sede en Ginebra (Suiza), es una organización sin ánimo de lucro fundada en 1946. La componen los organismos nacionales de normalización de 89 países miembros. Influye en: El sistema métrico de medidas, los tamaños del papel, los sobres de oficina, las tuercas y tornillos, las reglas de dibujo técnico, los conectores eléctricos, las normas de seguridad, los componentes de bicicleta, los lenguajes de programación, los protocolos de comunicación, etc. son sólo algunos de los muchos temas sobre los que ISO establece normas. Ha publicado 10.000 normas ISO que repercuten en casi todos los aspectos de la vida moderna.²⁶

Para llevar a cabo esta tarea, ISO se divide en 200 comités técnicos, numerados según el año de su fundación. Cada comité se divide a su vez en grupos de trabajo por sus subcomités.²⁷

²⁵ PATIÑO MORENO, Carlos Roberto; Análisis de la influencia de la presión de confinamiento en la determinación del ángulo de fricción en la prueba de Corte Directo, *Universidad de las Américas Puebla*, 2006.

²⁶ CRUZ, Edwin Salvador; Propuesta de estandarización del proceso de teñido de polytext, aplicaciín de las 5s e implementación de una cocina de colorantes automatizada. *Trabajo de grado*, 2015.

²⁷ *Ibíd.*, p 20

El proceso de elaboración de una norma ISO comienza cuando uno de sus miembros sugiere la elaboración de una norma internacional en un campo concreto. ISO forma entonces un grupo de trabajo que crea un primer documento llamado CD (borrador de comité), que está disponible para críticas durante unos meses antes de ser modificado. Si el documento se aprueba por mayoría, se convierte en DIS y se distribuye para recabar comentarios. A partir de los resultados de la votación final se crea un documento para la SI (Norma Internacional).²⁸

3.4.2 Norma técnica Colombiana NTC-ISO/IET 17025. Esta Norma Internacional establece las normas generales de aptitud para la realización de ensayos o calibraciones, incluido el muestreo. Abarca los procedimientos utilizados para ensayos y calibraciones internos, no internos y normalizados. Al tener en cuenta el muestreo y la posibilidad de que los procedimientos de ensayo no estén normalizados o sean creados por el propio laboratorio, la norma va más allá del ámbito de aplicación de las normas ISO 25 y EN 45001.²⁹

Los requisitos generales para la competencia de las instalaciones de ensayo y calibración son la norma ISO 17025. Esta norma especifica las condiciones que debe cumplir un laboratorio para demostrar su competencia técnica y su capacidad para generar resultados técnicamente sólidos. Un plan de mantenimiento y calibración del laboratorio es un componente crucial del sistema de calidad. Se pueden realizar tareas de mantenimiento preventivo y/o calibración de los aparatos.³⁰

²⁸ CRUZ, Edwin Salvador; Propuesta de estandarización del proceso de teñido de polytext, aplicación de las 5s e implementación de una cocina de colorantes automatizada. *Trabajo de grado*, 2015.

²⁹ *Ibíd.*, p 23

³⁰ CALLE CONDORI, Teodosio Máximo; Diseño y estandarización de un sistema de mantenimiento integral para equipos de laboratorio técnico de construcciones civiles, tesis de grado, Universidad mayor de San Andrés, 2018.

4.4.2.1 Calibración. Serie de procedimientos que, en determinadas circunstancias, establecen la correlación entre los valores de una magnitud indicada por un instrumento o sistemas de medición, o los valores representados por una medición materializada o un material de referencia. Para documentar el resultado puede utilizarse un certificado de calibración o un informe de calibración. Es posible verificar y mantener el funcionamiento adecuado de los equipos, cumplir las normas ISO 9001-17025 y garantizar la precisión de los resultados y la trazabilidad de las mediciones con una calibración adecuada.³¹

4.4.2.2 Mantenimiento. En este caso el mantenimiento puede ser interno o externo, es interno cuando las actividades son realizadas en el mismo laboratorio. Y externo cuando las actividades las hacen servicios contratados³²

4.4.2.3 Verificación. No debe confundirse con la calibración, ya que es la confirmación por medio de un examen y recogida de evidencias de que los requisitos específicos se han alcanzado. El resultado de las verificaciones dan lugar a la toma de decisiones, ya sea la de colocar un equipo en servicio, realizar ajustes, reparaciones, colocarlo fuera de servicio o proclamarlo obsoleto.³³

³¹ CALLE CONDORI, Teodosio Máximo; Diseño y estandarización de un sistema de mantenimiento integral para equipos de laboratorio técnico de construcciones civiles, tesis de grado, Universidad mayor de San Andrés, 2018.

³² *Ibíd.*, p. 49

³³ *Ibíd.*, p. 50

4. RECOPIACION Y ANALISIS DE INFORMACION

4.1 TAXONOMIA DE LOS EQUIPOS

4.1.1 Equipo de corte directo. Es un equipo diseñado para medir la resistencia del corte de muestras de suelo, ejerciendo una presión horizontal y vertical sobre la muestra. Se compone de las siguientes partes:

Figura 8. Equipo de corte directo.



Fuente: autora del proyecto.

- **Estructura:** sirve como soporte rígido del equipo, está hecho en acero resistente.
- **Motor:** se usa para generar la velocidad necesaria para la aplicación de la carga sobre la muestra de suelo. Motor de marca Siemens, 0,5Hp, 1590 rpm, peso de 4,7kg, funciona a 220 V. frecuencia 60 Hz.

Figura 9. Motor del equipo de corte directo.



Fuente. Autor del proyecto.

- **Deformimetro indicador de desplazamiento horizontal:** comparador de caratula que sirve para determinar los desplazamientos generados por la acción de la carga sobre la muestra. Comparador analógico de marca Baker, Vástago endurecido para una sujeción sin problemas, Eje de acero inoxidable, Equipado con yunque de bola de carburo de tungsteno, Bisel de metal liso y resistente. Longitud de 25mm x 0,001mm, TYPE J50 A.

Figura 10. Comparador de caratula Baker.



Fuente. Autor del proyecto.

- **Deformimetro indicador de desplazamiento vertical:** comparador de caratula que sirve para determinar los desplazamientos generados por la acción de la carga sobre la muestra. Comparador analógico de marca Baker, Vástago endurecido para una sujeción sin problemas, Eje de acero inoxidable, Equipado con yunque de bola de carburo de tungsteno, Bisel de metal liso y resistente. Longitud de 25mm x 0,001mm, TYPE J50 A.
- **Caja de corte:** caja cuadrada hecha de acero inoxidable con orificios que permite el drenado en la parte superior e inferior, con varias tapas, ajustada con tornillos de seguridad. medidas de 15cm x10cm x5cm de altura.

Figura 11. Caja de corte del equipo de corte directo.



Fuente. Autor del proyecto.

- **Caja de control:** permite ajustar la velocidad de aplicación de carga a la muestra de suelo, muestra en pantalla LCD la fuerza aplicada en N, cuenta con botones de calibración, avance y encendido.

Figura 12. Caja de control.



Fuente. Autor del proyecto.

- **Pesas:** se usan para aumentar progresivamente la carga sobre la muestra, se colocan sobre el soporte suspendido en el brazo. Se tienen pesas de 2kg, 3kg y 4kg.
- **Celda de carga:** La célula de carga es una pieza que puede soportar cargas de compresión, tracción y flexión. Su interior contiene uno o varios sensores de deformación conocidos como galgas extensométricas que miden la cantidad de deformación. Su marca es TAIYU, Tipo UHS, Capacidad de 50kg.

Figura 13. Celda de carga.



Fuente. Autor del proyecto.

4.1.2 Equipo de compresión inconfiada. Una biela unida a un mecanismo de engranajes en la base de la máquina de ensayos de compresión no confinada permite a los usuarios aplicar tensiones manualmente.

Figura 14. Equipo de compresión inconfiada.



Fuente. Autor del proyecto.

- **Anillo de carga:** este aparato cumple con la función de deformarse conforme se va aplicando carga a la muestra de suelo. El anillo de carga sirve de transductor a través del cual se comunica la carga del equipo a la muestra de suelo. Cada anillo de carga se calibra en fábrica para que la conexión fuerza-deformación pueda entenderse mediante un factor CR; la fuerza que actúa sobre el anillo puede calcularse entonces a partir de su deformación medida por el deformímetro.

Figura 15. Anillo de carga.



Fuente. Autor del proyecto.

- **Deformimetro vertical:** comparador de caratula que sirve para determinar los desplazamientos generados por la acción de la carga sobre la muestra. Comparador analógico de marca Baker, Vástago endurecido para una sujeción sin problemas, Eje de acero inoxidable, Equipado con yunque de bola de carburo de tungsteno, Bisel de metal liso y resistente. Longitud de 25mm x 0,001mm, TYPE J50 A.
- **Deformimetro lateral:** comparador de caratula que sirve para determinar los desplazamientos generados por la acción de la carga sobre la muestra. Comparador analógico de marca Baker, Vástago endurecido para una sujeción sin problemas, Eje de acero inoxidable, Equipado con yunque de bola de carburo de tungsteno, Bisel de metal liso y resistente. Longitud de 25mm x 0,001mm, TYPE J50 A.

- **Plato inferior de ensayo:** Elemento que sirve de soporte para la muestra, hecho en acero inoxidable.
- **Plato superior de ensayo:** Elemento de metal que sirve de soporte para la muestra.
- **Palanca de carga:** Componente mecánico que tiene la función de aportar fuerza a la muestra de suelo.
- **Bastidores:** Tubos de acero al lado y lado que funcionan como soporte entre la base del equipo y el anillo de carga.
- **Sistema interno de palanca:** Mecanismo que permite aplicar carga a la muestra de suelo.

4.1.3 equipo para ensayos de consolidación. Este equipo tiene la función de medir el grado de consolidación del suelo, que es una medida de capacidad del suelo para soportar carga a largo plazo.

Figura 16. Equipo de consolidación.



Fuente. Autor del proyecto.

- **Bastidores:** sirven de soporte y guía, proporciona una base nivelada y plana para la cámara de consolidación.
- **Cámara de consolidación:** sirve para colocar la muestra de suelo a ensayar.

Figura 17. Tabla de valores para

order of 30cm ² specimen				order of 50cm ² specimen			
Pressurization order	Counterbalance weight Kg		specimen bearing powerKpa	Pressurization order	Counterbalance weight Kg		specimen bearing powerKpa
	quality	quantity			quality	quantity	
1	0.319	counter balance	12.5	1	0.319	1	12.5
2	0.319	1	25	2	0.212	1	
3	0.637	1	50	3	0.319	1	25
4	1.275	1	100	4	0.212	1	
5	2.549	1	200	5	0.637	1	50
6	2.549	1	300	6	0.425	1	
7	2.549	1	400	7	1.275	1	100
8	5.098	2	800	8	0.85	1	
9	5.098	4	1600	9	2.549	1	200
					1.7	1	
					2.549	1	300
					1.7	1	
					2.549	1	400
					1.7	1	
					5.098	3	800
					1.7	1	

Fuente. Autor del proyecto.

- **Brazo de carga:** están montados sobre los cojinetes de baja fricción
- **Contrapesa:** esta es para el balanceo del brazo de acuerdo con la relación de la palanca empleada
- **Marco de carga:** transmite axialmente la carga y al mismo tiempo sirve como superficie de contacto para medir las deformaciones.
- **Juego de pesas:** se usan para aumentar progresivamente la carga sobre la muestra, se colocan sobre el soporte suspendido en el brazo.
- **Deformimetro:** comparador de caratula que sirve para determinar los desplazamientos generados por la acción de la carga sobre la muestra.

- **Soporte de pesas:** se encuentra en la parte inferior del brazo y es donde se colocan las pesas para generar la carga sobre la muestra.

4.1.4 Balanza analógica. Instrumento que permite medir masas de gran utilidad en el laboratorio.

- **Soporte:** estructura de metal que sostiene el mecanismo.
- **Platillo:** tiene la función de sostener las masas
- **Brazo:** permite medir el peso de la masa
- **Pesas:** sirven para aumentar progresivamente la carga.

Figura 18. Balanza.



Fuente. Autor del proyecto.

4.1.5 Comparadores de caratula análogos y digitales. Estos dispositivos son importantes ya que se utilizan para determinar los desplazamientos generados por la acción de la carga sobre la muestra de suelo.

Figura 19. Comparadores de caratula.



Fuente. Autor del proyecto.

4.2 ANALISIS DE CRITICIDAD

Los edificios, sistemas, piezas de equipo y otros dispositivos pueden priorizarse según el concepto de criticidad confeccionando una lista jerárquica proporcional al grado de peligro. Para realizar el análisis de criticidad de los equipos de laboratorio se utilizó la siguiente tabla donde se evalúan distintos impactos. Se tienen en cuenta los siguientes criterios:

- **Frecuencia de falla:** La frecuencia de fallo de un componente del sistema es su número de fallos.
- **Nivel de producción manejado:** Es la capacidad que ya no se puede producir como consecuencia del fallo.
- **Tiempo promedio para reparar:** Es el tiempo para reparar la falla.
- **Impacto operacional:** Es el porcentaje de producción que se afecta cuando ocurre la falla.
- **Costo de reparación:** Es el costo de la falla

- **Impacto en la seguridad:** Potencial de incidentes imprevistos que pongan en peligro a las personas.
- **Impacto medioambiental:** Potencial de incidentes imprevistos que perjudiquen a las personas.

Se diseñó una tabla de criticidad teniendo en cuenta los impactos anteriores y el problema y adaptando los puntajes al caso de estudio.

Tabla 1. Puntuación para análisis de criticidad.

ESTIMACION DE PUNTAJE	FRECUENCIA DE FALLA	PUNTAJE	FRECUENCIA
	Menos de una por año	1	
	Entre 1 y 12 por año(una interrupcion mensual)	2	
	Entre 15 y 26 por año(una interrupcion cada 2 semanas)	3	
	entre 27 y 56 por año(una interrupcion semanal)	4	
	mas de 52 por año(mas de una interrupcion semanal)	6	IMPACTO TOTAL
	1. IMPACTO EN LA PRODUCCION	PUNTAJE	
	Perdidas en la produccion entre 1 y 20%	1	
	Perdidas en la produccion entre 21 y 40%	2	
	Perdidas en la produccion entre 41 y 60%	4	
	Perdidas en la produccion entre 61 y 80%	6	
	Perdidas en la produccion superior a 80%	9	
	2. TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	PUNTAJE	
	Menos de 4 horas	1	
	Entre 4 y 8 horas	2	
	Entre 8 y 24 horas	4	
	Mas de 24 horas	6	
	3. IMPACTO CALIDAD	PUNTAJE	
	SI	10	
	NO	1	
	4. COSTO DE REPARACION	PUNTAJE	
	Menos de 100.000 pesos colombianos	5	
	Entre 100.000 Y 200.000	10	
	Más de 200.000	20	
	5. IMPACTO EN LA SEGURIDAD	PUNTAJE	
	SI	10	
	NO	0	
	6. IMPACTO AMBIENTAL	PUNTAJE	
	SI	10	
	NO	0	

Fuente. Autor del proyecto, Mayo 2022

Se establecen rangos relativos para representar la frecuencia de eventos en función a la consecuencia. Se registra una matriz que se diseña en base a un código de colores que indican la mayor o menor intensidad del riesgo relacionando con la instalación, sistema, equipo o dispositivo.

En la matriz de criticidad se define B como baja criticidad, M como criticidad media, A altamente crítico y MA muy alta. Como se muestra a continuación.

Tabla 2. Matriz de criticidad.

MATRIZ DE CRITICIDAD						
FRECUENCIA	5	M	A	MA	MA	MA
	4	B	M	A	MA	MA
	3	B	B	M	A	MA
	2	B	B	B	M	A
	1	B	B	B	B	M
	IMPACTO - CONSECUENCIAS					
		0-20	21-40	41-60	61-80	81-100

Fuente. Autor del proyecto. Mayo 2022

Para calcular los valores se utilizó la siguiente formula:

FRECUENCIA	IMPACTO TOTAL
$CRITICIDAD = FF * (IMP \text{ PRO} + TPPR + CALIDAD + COSTO \text{ REP} + IMP \text{ SEG} + IMP \text{ AMB})$	

Al realizar los cálculos, se determinó el nivel de criticidad de los componentes de cada equipo: equipo de corte directo, equipo de compresión encofinada y equipo de consolidación de suelos.

Para el equipo de corte directo el análisis anterior arroja que los deformímetros y el motor son componentes muy altamente críticos de la máquina.

Tabla 3. Criticidad para el Equipo de corte directo.

COMPONENTES	VALOR	CRITICIDAD
Balines	17	BC
Carril superior	12	BC
Celda de carga	106	AC
Eje de carga Horizontal	40	BC
deformimetro vertical	200	MA
brazo para ubicación del deformimetro	26	BC
tornillo	31	BC
deformimetro horizontal	180	MA
brazo guia	31	BC
caja de corte	53	BC
cuello de cisne	27	BC
yugo de carga vertical	42	BC
pin de carga vertical	42	BC
tornillo de desagüe	21	BC
pesas	31	BC
motor	220	MA
caja reductora	110	AC

Fuente. Autor del proyecto. Mayo 2022

Para el equipo de compresión inconfiada, los deformimetro son altamente críticos, como se muestra a continuación.

Tabla 4. Criticidad para el equipo de compresión inconfiada.

COMPONENTES	VALOR	CRITICIDAD
Anillo de carga	28	BC
deformimetro lateral	86	AC
deformimetro vertical	86	AC
plato inferior de ensayo	9	BC
plato superior de ensayo	9	BC
palanca de carga	26	BC
bastidores	11	BC
sistema interno de palanca	33	BC

Fuente. Autor del proyecto. Mayo 2022

Tabla 5. Criticidad para el equipo de consolidacion.

COMPONENTES	VALOR	CRITICIDAD
Marco de carga	12	BC
Deformimetro	90	AC
Esfera metálica	38	BC
Anillo de bronce r	40	BC
Discos porosos	100	MA
disco de	26	BC
piston de carga	22	BC
Mesa de montaje	35	BC
Juego de pesas	14	BC
Bastidores	24	BC

Fuente. Autor del proyecto.

4.3 ENALISIS DE MODOS DE FALLA PARA CADA EQUIPO DE ENSAYOS DE SUELOS

4.3.1 Analisis funcional

Es importante para poder entrar a evaluar los modos de falla, ya que es necesario conocer e identificar cuales son las funciones que se espera que el activo desempeñe.

Tabla 6. Analisis funcional de los equipos.

EQUIPO	FUNCIONES	FALLA
CORTE DIRECTO	1. Aplicar carga a la muestra de suelo.	1. El tornillo está forzado. 2. El sistema mecanico no funciona.
	2. Mostrar lectura de datos de carga en Kn sumimistrada a la muestra.	1. El deforminetro no toma las lecturas. 2. La pantalla LCD no muestra los datos de carga. 3. La celda de carga no censa.
	3. Mostrar lectura de datos de deformación de la muestra en mm por seg.	1. El deforminetro no toma las lecturas.
	4. Aplicar velocidad en mm por segundo.	1. El motor tiene sonido extraño. 2. La velocidad no es la adecuada. 3. El motor no arranca.
	5. Controlar la velocidad de carga.	1.El selector de velocidad no funciona 2.El boton de encendido de la caja de control no se acciona. 3. Caja de control con problema interno.
COMPRESION INCONFINADA	1. Aplicar carga a la muestra de suelo.	1.El anillo de carga no se deforma. 2. El mecanismo está forzado. 3. La palanca de control está forzada.
	2. Mostrar lectura de datos de carga en Kn sumimistrada a la muestra.	1. El deforminetro no toma las lecturas. 2. El deformimetro toma datos errados.
	3. Aplicar la velocidad en mm por segundo.	1. La palanca está forzada. 2. El mecanismo está forzado.
CONSOLIDACIÓN	1. Aplicar carga al anillo de consolidacion.	1. El piston no aplica carga 2. El sistema de palanca está forzado
	2. Medir la deformación de la muestra de suelo.	1. El deformimetro no toma la lectura de datos. 2. El deformimetro toma datos errados.
	1. Aplicar cantidad de agua necesaria a la cámara de consolidación.	1. Demasiada agua en la camara. 2. Poca agua en la cámara. 3. Filtros no permiten el paso de agua.

Fuente. Autor del proyecto.

4.3.2 Identificación de los modos de falla

Un modo de falla es la manera en que un activo deja de ser capaz de llevar a cabo su finalidad prevista; es la manera en que el activo falla. Existe una acción de mitigación o prevención para cada modo de falla.

A cada falla funcional se le reconoce un modo de fallo, mientras que es concebible que el fallo funcional tenga múltiples orígenes. La manifestación del fallo y la forma en que el sistema se ve afectado por el falla del equipo se denominan efectos del falla. Un cambio de nivel, de temperatura, una señal, una alerta o la activación de un dispositivo de seguridad son algunos ejemplos de manifestaciones.³⁴

³⁴ AGUILAR OTERO, José; TORRES ARCIQUE, Roció; MAGAÑA GIMENEZ, Diana; Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad, Instituto mexicano de ingenieros químicos A.C, 2010.

Tabla 7. Analisis de modos de falla del equipo de corte directo.

EQUIPO DE CORTE DIRECTO	FALLA	MODOS DE FALLA
	1. El tornillo está forzado	Falta de lubricación. Mecanismo interno frenado.
	2. El sistema mecánico no funciona.	El macanismo tiene demaciada. velocidad. El mecanismo no arranca. El mecanismo esta desalineado.
	1. El deformimetro no toma las lecturas	Deformimetro descalibrado El deformimetro no recibe la señal de La celda de carga
	2. La pantalla LCD no muestra los datos de carga	Corto en el sistema. La pantalla no recibe energia.
	1. El deformimetro no toma las lecturas	Deformimetro descalibrado. El sistema no aporta deformación. El deformimetro se quedó sin pila.
	1. El motor tiene sonido extraño	El motor está dealineado. El sistema reductor está desbalanceado. Vibracion alta en el sisitema.
	2. La velocidad no es la adecuada.	Problema en el mecanismo de la caja reductora. Mecanismo forzado.
	3. El motor no arranca	Corte de energia al sistema. El motor está quemado.
	1. El selector de velocidad no funciona	Corte de energia. Corto en la conexión.
	2. El boton de encendido de la caja de control no se acciona.	Corto en el circuito de conexión. No hay energia.
	3. La caja de control no funciona	Corto interno en la caja de control. Componente interno dañado.

Fuente. Autor del proyecto.

Tabla 8. Analisis de modos de falla del equipo de compresion inconfiada.

EQUIPO DE COMPRESIÓN INCONFINADA	FALLA	MODOS DE FALLA
	1. El anillo de carga no se deforma.	El anillo está deformado. El anillo ya cumplió con su vida útil.
	2. El mecanismo está forzado.	Falta de lubricación. Desconfiguración interna del mecanismo.
	3. La palanca de control está forzada.	Falta de lubricación. Palanca oxidada
	1. El deformimetro no toma las lecturas.	El deformimetro está descalibrado El deformimetro se quedó sin bateria El deformimetro no recibe señal para lectura de datos.
	2. El deformimetro toma datos errados.	El deformimetro está descalibrado. Vibracion en el sistema.
	1. Los platos de soporte están forzados.	Falta de lubricación. componentes oxidados.
	2. El mecanismo está forzado.	Componentes internos oxidados Falta de lubricación

Fuente. Autor del proyecto.

Tabla 9. Analisis de modos de falla del equipo de consolidacion.

EQUIPO DE CONSOLIDACIÓN	FALLA	MODOS DE FALLA
	1. El piston no aplica carga.	El piston no recibe energia. El piston está forzado.
	2. El sistema de palanca está forzado	Falta de lubricación.
	1. El deformimetro no toma la lectura de datos	El deformimetro está sin bateria. El deformimetro no recibe señal para lectura de datos.
	2. El deformimetro toma datos errados.	Deformimetro descalibrado. Vibracion en el sistema.
	1. Demasiada agua en la cámara.	Filtros desgastados. Filtros desajustados.

Fuente. Autor del proyecto.

5. MODELO PROPUESTO

El mantenimiento para los equipos de ensayos de suelos en la empresa Iversa sas, de la ciudad de Sogamoso es de tipo correctivo, las fallas inesperadas que se presentan, se solucionan en el menor tiempo posible, para minimizar tiempos de parada, hasta el momento sin tomar ningún tipo de registro de tales fallas.

Por tal razón, se propone una estrategia basada en establecer o crear un estándar de labores de mantenimiento preventivo y capacitación a los operadores de los equipos, esta estrategia implica hacer más rápido las tareas de mantenimiento al menor costo. Inicialmente se presenta la información técnica correspondiente a cada máquina, diseño de hoja de vida para cada equipo.

5.1 DOCUMENTACION TÉCNICA

La documentación técnica es la principal fuente de información para la buena gestión de mantenimiento, con base en esta se toman decisiones, se realizan modificaciones y se hace la solicitud de repuestos.

Estos documentos por lo general son suministrados por los fabricantes de las máquinas al momento de comprarlas y es deber de los técnicos revisar todos los registros. Se propone un diseño estos documentos para poder llevar un control y administración del mantenimiento, tales como:

- Fichas técnicas
- Hoja de vida de los equipos
- Plan de mantenimiento preventivo
- Orden de trabajo
- Solicitud de repuestos
- Manual de funciones

5.1.1 fichas técnicas. La ficha técnica es una herramienta de gran importancia, la cual informa de una manera sencilla y estandarizada las características de un equipo. Se propone este modelo de ficha técnica ya que no se cuenta con la ficha técnica original de los equipos, cuenta con todos los ítems necesarios para la identificación de los equipos.

Tabla 10. Ficha técnica del equipo de corte directo.

	FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO DE CORTE DIRECTO		COD:
			Version 0
			FECHA: 09/05/2023
NOMBRE DEL EQUIPO		EQUIPO DE CORTE DIRECTO	
MARCA		PINZUAR LTDA	
REFERENCIA O MODELO		PS - 107	
FUNCIONES		Entrada de parametros de lamuestra, Cálculo de resistencia al corte	
OPERACIÓN		220 VAC / 600 W	
VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO		0,0015 mm/min - 1,6 mm/min	
MAXIMA CARGA VERTICAL		5KN	
NUMERO DE PESAS		32 Kg, 4(1kg), 3(4kg), 1(16kg)	
CAMARAS DE CORTE		2 camaras de 50mm de diametro y 50,8 mm de diametro	
MEDICION DE FUERZA TANGENCIAL		2,5KN, resolución 0,1N	
MEDICION DE DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL		0,01mm	
MEDICION DE DEFORMACION VERTICAL		0,01mm	

Fuente. Autor del proyecto.

Tabla 11. Ficha tecnica del equipo de compresión inconfínada.

	FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO DE COMPRESIÓN INCONFINADA		COD:
			Version 0
			FECHA: 09/05/2023
NOMBRE DEL EQUIPO		EQUIPO DE COMPRESIÓN INCONFINADA	
MARCA		PINZUAR LTDA	
REFERENCIA O MODELO		SO50305	
DIMENSIONES		560 mm x 630 mm x 830 mm	
OPERACIÓN		cálculos de resistencia de compresion por carga.	
RANGO DE MEDICIÓN DE FUERZA		2,5 KN - 5KN	
DISTANCIA ENTRE COLUMNAS		225 mm	
MEDICIÓN DE DEFORMACIÓN		comparador analogico 0,01mm	
DIVISION DE ESCALA		0,01 mm recorrido 25mm	
PLATO DE CARGA		diámetro de 100mm	
PISTON		diámetro de 76mm	
PESO		44 kg aprox.	

Fuente. Autor del proyecto.

Tabla 12. Ficha tecnica del equipo de consolidación de suelos.

	FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO DE CONSOLIDACIÓN DE SUELOS		COD:
			Version 0
			FECHA: 09/05/2023
NOMBRE DEL EQUIPO		EQUIPO DE CONSOLIDACIÓN	
MARCA		RCINGTEC	
REFERENCIA O MODELO		3 camaras	
DIMENSIONES		500 mm x 850 mm x 1600 mm	
OPERACIÓN		Aplicar esfuerzo a una muestra	
DIAMETRO DE LA CAMARA		50.08 mm	
BRAZO DE CARGA		9:1 10:1 11:1	
MARCO DE CARGA		tornillo ajustable	
PESAS		(4) pesas de 1 kg, Tres (3) pesas de 4 kgPesa de 16 kg	
NORMAS		ASTM D 2435 INV E 151	
PESO		84 kg aprox.	

Fuente. Autor del proyecto.

5.1.2 hoja de vida de los equipos. Esta herramienta documental sirve para hacer la identificación del equipo, en esta se especifica información más relevante de caracterización técnica e historial de mantenimiento, ya sean preventivos o correctivos. Es una manera de acceder a la información de forma muy práctica. Se propone el siguiente formato.

Tabla 13. Hoja de vida del equipo de corte directo.

	HOJA DE VIDA DEL EQUIPO			COD:
				Version 0
				FECHA: 09/05/2023
				
NOMBRE DEL EQUIPO		EQUIPO DE CORTE DIRECTO		
MARCA		PINZUAR LTDA		
REFERENCIA O MODELO		PS - 107		
FUNCIONES		Entrada de parametros de lamuestra, Cálculo de resistencia al corte		
OPERACIÓN		220 VAC / 600 W		
VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO		0,0015 mm/min - 1,6 mm/min		
MAXIMA CARGA VERTICAL		5KN		
NUMERO DE PESAS		32 Kg, 4(1kg), 3(4kg), 1(16kg)		
CAMARAS DE CORTE		2 camaras de 50mm de diametro y 50,8 mm de diametro		
MEDICION DE FUERZA TANGENCIAL		2,5KN, resolución 0,1N		
MEDICION DE DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL		0,01mm		
MEDICION DE DEFORMACION VERTICAL		0,01mm		
MANTENIMIENTOS REALIZADOS				
FECHA DE MTTO	ACCION REALIZADA	OBSERVACIONES	EJECUTOR	PROXIMO MTTO

Fuente. Autor del proyecto.

Tabla 14. Hoja de vida del equipo de compresión inconfiada.

	HOJA DE VIDA DEL EQUIPO			COD:
				Version 0
				FECHA: 09/05/2023
				
NOMBRE DEL EQUIPO			EQUIPO DE COMPRESIÓN INCONFINADA	
MARCA			PINZUAR LTDA	
REFERENCIA O MODELO			SO50305	
DIMENSIONES			560 mm x 630 mm x 830 mm	
OPERACIÓN			cálculos de resistencia de compresión por carga.	
RANGO DE MEDICIÓN DE FUERZA			2,5 KN - 5KN	
DISTANCIA ENTRE COLUMNAS			225 mm	
MEDICIÓN DE DEFORMACIÓN			comparador analogico 0,01mm	
DIVISION DE ESCALA			0,01 mm recorrido 25mm	
PLATO DE CARGA			diametro de 100mm	
PISTON			diametro de 76mm	
PESO			44 kg aprox.	
MANTENIMIENTOS REALIZADOS				
FECHA DE MTTO	ACCION REALIZADA	OBSERVACIONES	EJECUTOR	PROXIMO MTTO

Fuente. Autor del proyecto.

Tabla 15. Hoja de vida del equipo de consolidación de suelos.

	HOJA DE VIDA DEL EQUIPO			COD:
				Version 0
				FECHA: 09/05/2023
				
NOMBRE DEL EQUIPO			EQUIPO DE CONSOLIDACIÓN	
MARCA			RCINGTEC	
REFERENCIA O MODELO			3 camaras	
DIMENCIONES			500 mm x 850 mm x 1600 mm	
OPERACIÓN			Aplicar esfuerzo a una muestra	
DIAMETRO DE LA CAMARA			50.08 mm	
BRAZO DE CARGA			9:1 10:1 11:1	
MARCO DE CARGA			tornillo ajustable	
PESAS			(4) pesas de 1 kg, Tres (3) pesas de 4 kgPesa de 16 kg	
NORMAS			ASTM D 2435 INV E 151	
PESO			84 kg aprox.	
MANTENIMIENTOS REALIZADOS				
FECHA DE MTTO	ACCION REALIZADA	OBSERVACIONES	EJECUTOR	PROXIMO MTTO

Fuente. Autor del proyecto.

5.1.3 plan de mantenimiento. Son todas aquellas actividades que conducen a establecer un método que permite el normal y correcto funcionamiento de las máquinas. Incluye tareas de mantenimiento preventivo, correctivo programado y correctivo urgente. Para esto se deben conocer a fondo los equipos, tener un análisis de ellos y también, tener en cuenta y registrar las observaciones de operarios ejecutores y usuarios. Las actividades de mantenimiento deben desarrollarse cuando se hayan realizado las siguientes tareas:

- **Inspección:** medidas realizadas para valorar el estado del equipo, identificar elementos que visual o táctilmente se encuentren próximos al algún daño, como oxidación, fracturas, entre otras. Es muy importante porque ayuda a tomar medidas anticipadas y su debida planeación. La inspección puede ser rutinario o programada.

- **Reparación o ejecución:** son todas las tareas realizadas para llevar el equipo a su estado funcional.

Se propone el siguiente plan de mantenimiento para los tres equipos del laboratorio de suelos de la empresa Iversa sas, en el cual se especifican actividades de mantenimiento preventivo, de tipo diario, semanal, semestral y anual. Todo con el fin de tener los equipos disponibles el mayor tiempo posible.

Tabla 16. Plan de mantenimiento equipo de corte directo.

	MTTO PREVENTIVO EQUIPO DE CORTE DIRECTO			COD:
				Version 0
				FECHA: 09/05/2023
				
CHEQUEO DIARIO	MTTO SEMANAL	MTTO SEMESTRAL	MTTO ANUAL	
*Revisar que los deformímetros estén funcionanco bien. *Verificar que la velocidad sea la requerida según el ensayo, y que sea constante. *Revisar que la lectura de la celda de carga sea adecuada. *Verificar que las piezas sueltas esten completamente aseguradas antes de dar inicio.	*Limpieza general. *Limpieza de residuos luego de cada ensayo. *Revisión y ajuste de tornillos. *verificar posibles vibraciones.	*Revisión del sistema de reducción de velocidad. *Verificar desgaste de correas y piezas móviles. *Lubricación de sistema motorreductor.	*Calibrar celda de carga. *Calibrar deformímetros análogos y digitales. *Cambio de piezas móviles desastadas. *Inspección de caja de control.	

Fuente. Autor del proyecto.

Tabla 17. Plan de mantenimiento equipo de compresión inconfinaa.

	MTTO PREVENTIVO EQUIPO DE COMPRESIÓN INCONFINADA		COD:
			Version 0
			FECHA: 09/05/2023
			
CHEQUEO DIARIO	MTTO SEMANAL	MTTO MENSUAL	MTTO ANUAL
*Revisar que los deformímetros esten funcionando bien. *Limpieza de residuos luego de cada ensayo. *Inspeccionar las piezas móviles antes de dar inicio al ensayo. *Revizar que la maquina este nivelada al banco de base.	*Verificación del nivel del marco *Revisión de tornillos y uniones. *Limpieza completa del equipo.	*Inspeccionar los accesorios para evitar desgaste excesivo. *Lubricación de biela manivela y tonillos de ajuste.	*Calibración de los deformímetros para mantener rengos de medición. *Calibración del anillo de carga

Fuente. Autor del proyecto.

Tabla 18. Plan de mantenimiento equipo de consolidación de suelos.

	MTTO PREVENTIVO EQUIPO DE CONSOLIDACIÓN			COD:
				Version 0
				FECHA: 09/05/2023
				
CHEQUEO DIARIO	MTTO SEMANAL	MTTO SEMESTRAL	MTTO ANUAL	
*Limpieza del equipo *verificar que la base esté nivelada. *verificar que las piezas moviles esten en su lugar. *verificar que la entrada de energia sea 120V.	*Limpieza detallada del las piezas del equipo. *verificar que los deformímetros funcionen dentro de los parametros requeridos. *verificar que la carga sea la adecuada, para obtener datos más precisos.	*Lubricacion de piezas móviles con aceite lubricante, para eliminar fricción.	*Calibración de deformímetros. *cambio de piezas moviles desgastadas.	

Fuente. Autor del proyecto.

5.1.4 Solicitud de repuestos. Uno de los factores más importantes en la gestión de mantenimiento, para que pueda llevarse a cabo, es el control adecuado de materiales y repuestos porque incurre en los costos. Es necesario hacer un buen control y planeación para evitar, altos inventarios y baja rotación.

- **Herramientas:** son los elementos básicos para que se pueda hacer el mantenimiento, pueden ser básicas como especializadas. Estas deben estar concentradas en un almacén central, y se debe llevar una ficha de control.

Las herramientas se le brindan al o a los operadores y ellos tienen que ordenadas, clasificadas y limpias, luego de su uso.

A continuación se propone una ficha o formato de solicitud de repuestos con el fin de tener un control de repuestos.

Tabla 19. Solicitud de repuestos para los equipos.

		SOLICITUD DE REPUESTOS		COD:	
				Version 0	
				FECHA: 01/02/2022	
FUNCIONARIO QUE LO SOLICITA:				FECHA:	
PARA LA MÁQUINA:					
SECCION:					
ITEM	DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS SOLICITADOS	REFERENCIA	CANTIDAD		
				FIRMA:	
ITEM	DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS ENTREGADOS	REFERENCIA	CANTIDAD		
RECIBIDO POR:				FECHA:	
ENTREGADO POR:					
OBSERVACIONES:					

Fuente. Autor del proyecto.

5.1.5 Orden de trabajo. Estos documentos son generados a solicitud de usuarios del servicio o mantenimiento, se hacen con el fin de organizar y mejorar las acciones de mantenimiento de las máquinas y lograr que la estandarización de los procesos sea sistemática y controlada. Las órdenes pueden ser programadas, o urgentes cuando se ocasionan daños esperados o inesperados.³⁵

³⁵ MONTAÑA BERNAL, Edgar; Diseño de un modelo de gestión de mantenimiento para máquinas impresoras con base en el proceso productivo de la Imprenta Nacional de Colombia, Universidad de la Salle, 2006.

Una orden de trabajo es parte fundamental de un mantenimiento planeado, ya que de este documento se originan las tareas de mantenimiento, es una fuente histórica de las actividades, herramientas, equipos y repuestos utilizados. La elaboración de las órdenes de trabajo trae varias ventajas:

- Se obtiene la lista de tareas pendientes
- Se adquiere información sobre el trabajo requerido
- Se establecen prioridades
- Se conocen las actividades de trabajo realizado
- Obtención de datos históricos

Para la elaboración de una orden de trabajo se tienen en cuenta varias etapas, con el propósito de que el mantenimiento se realice sin inconvenientes y en el menor tiempo posible. Estas etapas son: análisis, planeación, programación, ejecución y control.³⁶

Se propone el siguiente formato de orden de trabajo para su uso en los mantenimientos de los equipos de ensayos de suelos.

³⁶ MONTAÑA BERNAL, Edgar; Diseño de un modelo de gestión de mantenimiento para máquinas impresoras con base en el proceso productivo de la Imprenta Nacional de Colombia, Universidad de la Salle, 2006.

Tabla 20. Orden de trabajo.

	ORDEN DE TRABAJO		COD:
			Version 0
			FECHA: 09/05/2023
OT N°		TIPO DE INTERVENCIÓN	
TIPO DE ORDEN		SOLICITANTE	
PRIORIDAD		FECHA DE INICIO DE LA OT	
FECHA DE SOLICITUD		HORA DE INICIO DE LA OT	
HORA DE SOLICITUD		FECHA DE FINALIZACIÓN DE LA OT	
MOTIVO DE SOLICITUD		HORA DE FINALIZACIÓN DE LA OT	
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO			
MATERIALES Y HERRAMIENTAS REQUERIDAS		RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD	

Fuente. Autor del proyecto.

5.2 RECURSO HUMANO

El recurso humano es el componente más importante con el que cuentan las empresas, sin el talento de las personas y sus aportes no serían posible a las actividades productivas. Es el más valioso factor que interviene en el desarrollo, seguimiento y mejoramiento del mantenimiento.

El personal de mantenimiento es el encargado de realizar las actividades de tipo eléctrico, mecánico y demás, con el fin de garantizar que la disponibilidad y confiabilidad de los equipos, o activos.

Es así que para lograr un buen desempeño y productividad, es necesario un proceso de formación y capacitación del personal, esto ayuda a la mejor resolución de problemas y necesidades, además de superación personal y profesional de las personas. La base

principal para el buen desempeño de las personas es la capacitación, la formación, la motivación y la participación.

5.2.1 Capacitación. La preparación académica del personal técnico y operativo de la empresa garantiza sustancialmente el avance tecnológico de la empresa. Las personas con más formación realizan su trabajo con mayor eficacia, contribuyen más a las mejoras, son más productivas, tienen tendencia a disminuir los residuos y se implican más en la resolución de problemas. Los principales objetivos de la empresa al ofrecer formación y educación en la industria.³⁷

Para garantizar que las actividades de mantenimiento vayan mejorando con el tiempo, es muy útil establecer capacitaciones recurrentes para el personal.

5.2.1.1 Objetivos de la capacitación. La empresa puede hacer capacitaciones en el sitio de trabajo, para que el personal conozca más del cargo, puede programar seminarios o charlas con profesionales y técnicos especializados mantenimiento de los equipos de estudios de suelos y en geotecnia.

5.2.1.2 Capacitaciones especializadas.

- **Operarios:** Con respecto a la limpieza, cuidado, funcionamiento y uso de los equipos, funciones de cada equipo, realización de ensayos de suelos, identificación de daños pequeños y fallas y clima laboral.
- **Técnicos:** Mantenimiento mecánico, electrónico y lubricación para equipos de laboratorio y calibración.

³⁷ MONTAÑA BERNAL Edgar; Diseño de un modelo de gestión de mantenimiento para maquinas impresoras con base en el proceso productivo de la imprenta nacional en Colombia, Universidad de la Salle, Trabajo de grado, 2006

5.2.1.3 Personal Requerido.

- **Humanas:** persona colaboradora en cualquier tipo de actividades, comprometida, capaz de trabajar en equipo, responsable, que pueda acatar las normas, seguir procedimientos y analizar errores.
- **Técnicas:** Experiencia en uso y funcionamiento de máquinas de estudios de suelos, conocimientos e calibración de equipos de laboratorio, mecánica y electrónica. Elaborar procedimientos de mantenimientos preventivos planeados. Realizar labores correctivas rápidas.

Para todo lo anterior, es menester que cada equipo tenga establecido su identidad, o sea un registro de función, ubicación, características técnicas.

6. CONCLUSIONES

Se logró obtener la información necesaria para el desarrollo de análisis de modos de falla e identificación de los equipos, logrando así entender mejor el funcionamiento de las máquinas.

La creación de lineamientos o estándares para la realización de un mantenimiento es de vital importancia para que la ejecución de los ensayos se realice de la mejor manera, disminuyendo tiempos perdidos y errores en la toma de datos.

Para mejorar e implementar una gestión de mantenimiento, se propusieron y diseñaron formatos técnicos de equipos, su hoja de vida, orden de trabajo y solicitud de repuestos respectiva que permitirá facilitar la identificación de los equipos.

Teniendo en cuenta que no existía ningún historial de mantenimiento de ningún equipo, el plan se realizó con ayuda del análisis de criticidad y fallas, además del conocimiento de la geotecnista que conoce el funcionamiento de los equipos.

BIBLIOGRAFIA

PACHECO ALFARO, André Gianfranco; Estandarización de los procesos de mix y batido para mejorar la eficiencia de una planta de producción de helados. Universidad Nacional Mayos de San Marcos, 2020.

ALDAS Santiago; Estandarización de procesos de la empresa TEXTILES TECNICOS, Universidad Técnica de Ambato, 2014.

POMA GALLO, Josselyn Natalia; Propuesta de Estandarización de procesos productivos a una asociación de Mypes del sector de calzado en Lima. Universidad Peruana de ciencias aplicadas, 2013.

ENTEL EMPRESAS, Comunidad Empresas. Cómo funciona la estandarización de procesos. [En línea](Recuperado en 6 de febrero de 2023). Disponible en: <https://ce.entel.cl/articulos/estandarizacion-de-procesos/>.

BOTERO, Camilo; Manual de mantenimiento, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, 1993. Disponible en: https://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/view/1188/1302. P. 35.

CEGID VALUEKEEP; Gestión de mantenimiento: ¿qué es y como optimizarla? [En línea] (Recuperado el 20 de marzo de 2023). Disponible en: <https://valuekeep.com/es/gestion-de-mantenimiento/>.

CEGID VALUEKEEP; Gestión de mantenimiento: ¿qué es y como optimizarla? [En línea] (Recuperado el 20 de marzo de 2023). Disponible en: <https://valuekeep.com/es/gestion-de-mantenimiento/>

Ecu Red. Laboratorio [En línea] (Recuperado el 13 de abril de 2023). Disponible en: <https://www.ecured.cu/Laboratorio>

JARAMILLO, Daniel; Introducción a la ciencia del suelo, Universidad Nacional de Colombia, 2002.

PATÍÑO MORENO, Carlos Roberto; Análisis de la influencia de la presión de confinamiento en la determinación del ángulo de fricción en la prueba de Corte Directo, Universidad de las Américas Puebla, 2006.

CRUZ, Edwin Salvador; Propuesta de estandarización del proceso de teñido de polytext, aplicación de las 5s e implementación de una cocina de colorantes automatizada. Trabajo de grado, 2015.

CALLE CONDORI, Teodosio Máximo; Diseño y estandarización de un sistema de mantenimiento integral para equipos de laboratorio técnico de construcciones civiles, tesis de grado, Universidad mayor de San Andrés, 2018.

AGUILAR OTERO, José; TORRES ARCIQUE, Roció; MAGAÑA GIMENEZ, Diana; Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad, Instituto mexicano de ingenieros químicos A.C, 2010.

MONTAÑA BERNAL, Edgar; Diseño de un modelo de gestión de mantenimiento para máquinas impresoras con base en el proceso productivo de la Imprenta Nacional de Colombia, Universidad de la Salle, 2006.