

**Implementación de un sistema documental de mantenimiento digital en el
Ingenio Providencia**

Luis Eduardo Corrales Tafurt

Asesor

Fausto Miguel Castro Caicedo

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD
Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI

Ingeniería Electrónica

2025

Resumen

La gestión eficiente del mantenimiento en una fábrica de un ingenio azucarero exige una consolidación precisa de la información de mantenimiento, requiriendo la generación y actualización de órdenes conforme a estándares internacionales. Aunque se utiliza un software ERP para almacenar la información, la falta de una interfaz directa entre los técnicos de campo y el planeador limita la eficiencia del proceso. Para abordar esta deficiencia, se propone desarrollar una aplicación web basada en la norma ISO 14224:2016, esta herramienta digital permitirá a los técnicos en automatización e instrumentación del Ingenio Providencia registrar actividades en una hoja de ruta digitalizada para cada equipo, alineada con la programación de órdenes de mantenimiento.

La aplicación no solo agilizará la elaboración de informes y optimizará la gestión del tiempo al reducir procesos manuales y documentación física, sino que también garantizará que la información sea precisa y cumpla con los estándares internacionales. Además, al eliminar la impresión de documentos, se reducirá el impacto ambiental, promoviendo prácticas más sostenibles. En conclusión, esta aplicación web mejorará la eficiencia operativa del Ingenio Providencia y alineará sus prácticas de mantenimiento con estándares internacionales, contribuyendo a un entorno laboral más eficiente y sostenible.

Palabras claves: Gestión, Mantenimiento, ISO 14224:2016, Desarrollo Web, Sostenibilidad.

Abstract

Efficient maintenance management in a sugar mill factory requires accurate consolidation of maintenance information, requiring the generation and updating of orders according to international standards. Although ERP software is used to store the information, the lack of a direct interface between the field technicians and the planner limits the efficiency of the process. To address this deficiency, it is proposed to develop a web application based on ISO 14224:2016, this digital tool will allow Ingenio Providencia's automation and instrumentation technicians to record activities in a digitized routing sheet for each piece of equipment, aligned with the scheduling of maintenance orders.

The application will not only streamline reporting and optimize time management by reducing manual processes and physical documentation, but will also ensure that the information is accurate and complies with international standards. In addition, by eliminating the printing of documents, it will reduce the environmental impact, promoting more sustainable practices. In conclusion, this web application will improve the operational efficiency of Ingenio Providencia and align its maintenance practices with international standards, contributing to a more efficient and sustainable work environment.

Key words: Management, Maintenance, ISO 14224:2016, Web Development, Sustainability.

Tabla de contenido

Introducción	11
Justificación	12
Objetivos.....	13
Objetivo General.....	13
Objetivos Específicos.....	13
Planteamiento del Problema	14
Causa-Efecto Problema Planteado	17
Marco Teórico.....	18
Norma ISO 14224	18
Objetivos de la Norma	18
Enfoques de la Norma.....	18
Categorías de la Norma.....	18
Áreas Principales en que se Usan los Datos	19
Historia de la Norma.....	19
Aplicabilidad de la Norma	20
SAP	20
Módulos SAP ERP.....	21
Software	22
Frontend	22
Backend.....	22
HTML	23
CCS.....	23

JavaScript	23
PHP	24
MySQL	24
Metodología	27
Enfoque	27
Alcance	27
Población.....	27
Muestra	27
Fases del proyecto.....	27
Fase 1 Análisis y Planificación.....	27
Fase 2 Diseño del Sistema Documental.....	27
Fase 3 Desarrollo Aplicativo Web.....	28
Fase 4 Pruebas y Ajustes.....	28
Fase 5 Implementación y Capacitación	28
Cronograma de Actividades.....	28
Presupuesto	29
Diseño de la Solución	30
Gestión de Información según ISO 14224:2016.....	30
Actividades de Mantenimiento	34
Hoja de Ruta según Clasificación de Equipos	36
Implementación del Aplicativo.....	38
Desarrollo de Código	40
Dominio	40

Código Fuente.....	41
Ingreso al Aplicativo.....	47
Validación y Pruebas	51
Análisis de Resultados	52
Calidad de la Información.....	53
Presentación de la Información.....	55
Eficiencia Operativa.....	56
Disminución de Costos	57
Disminución de Impacto Ambiental	58
Satisfacción del Usuario	59
Conclusión	63
Recomendaciones	64
Referencias Bibliográficas	65

Lista de tablas

Tabla 1 <i>Módulos SAP ERP</i>	21
Tabla 2 <i>Planeación de Actividades por Mes</i>	29
Tabla 3 <i>Recursos Usados en el Proyecto Aplicado</i>	29
Tabla 4 <i>Actividades de Mantenimiento</i>	34
Tabla 5 <i>Comparativo Tiempo de Ejecución de los Métodos Manual vs. Aplicativo</i>	56
Tabla 6 <i>Costos Anualidades Liquid, Gastos Oficina y Aplicativo Web</i>	57
Tabla 7 <i>Cálculo de Estimaciones de Impacto Ambiental.</i>	58

Lista de figuras

Figura 1 <i>Diagrama De Flujo Ejecución De Orden Sin Aplicativo</i>	15
Figura 2 <i>Árbol Causa-Efecto Problema Planteado</i>	17
Figura 3 <i>Línea Cronológica de la ISO 14224</i>	19
Figura 4 <i>Informe de Mantenimiento Primera Página</i>	32
Figura 5 <i>Informe de Mantenimiento Segunda Página</i>	33
Figura 6 <i>Ejemplo Hoja de Ruta de Instrumentación de un Evaporador de Jugo</i>	38
Figura 7 <i>Procedimiento Ejecución Ordenes por Medio del Aplicativo</i>	39
Figura 8 <i>Bloques de Programa</i>	41
Figura 9 <i>Index del Aplicativo</i>	42
Figura 10 <i>Página Inicial del Aplicativo</i>	43
Figura 11 <i>Diagrama Flujo Creación Formularios en Código Archivo HTML</i>	44
Figura 12 <i>Código Archivo PHP</i>	45
Figura 13 <i>Administrador Base Datos MySQL</i>	46
Figura 14 <i>Dominio de la Aplicación</i>	47
Figura 15 <i>Página Inicial de Aplicativo</i>	47
Figura 16 <i>Ordenes de Mantenimiento</i>	48
Figura 17 <i>Selección de Orden de Mantenimiento</i>	48
Figura 18 <i>Datos de Plan de Mantenimiento</i>	49
Figura 19 <i>Diligenciamiento Formulario</i>	49
Figura 20 <i>Información General Norma ISO</i>	50
Figura 21 <i>Ejecución de Mantenimiento Preventivo</i>	51
Figura 22 <i>Hoja de Ruta para Transmisor de Densidad</i>	51
Figura 23 <i>Resumen de Mantenimiento y Datos Adicionales</i>	52

Figura 24 <i>Orden Diligenciada Manualmente</i>	53
Figura 25 <i>Informe de Mantenimiento Realizado en SDM</i>	54
Figura 26 <i>Informe Digital</i>	55
Figura 27 <i>Horas de Ejecución de 40 Órdenes de Mantenimiento.</i>	56
Figura 28 <i>Nivel Satisfacción de Informes de Mantenimiento.</i>	59
Figura 29 <i>Acceso al Aplicativo</i>	60
Figura 30 <i>Tiempo Respuesta del Aplicativo</i>	60
Figura 31 <i>Ahorro de Tiempo y Disminución de Reprocesos.</i>	61
Figura 32 <i>Uso de una Norma ISO en la Generación de los Informes</i>	61
Figura 33 <i>Mejoras en el Aplicativo</i>	62

Lista de Apéndices

Apéndice A <i>Código HTML del Index</i>	67
Apéndice B <i>Código HTML de Página Menús Despegables</i>	71
Apéndice C <i>Código HTML de un Formulario de Mantenimiento</i>	76
Apéndice D <i>Código PHP de un Formulario de Mantenimiento</i>	82

Introducción

En el entorno industrial actual, la gestión eficiente del mantenimiento es crucial para garantizar la continuidad operativa y la optimización de los recursos. El Ingenio Providencia, como muchas otras organizaciones del sector, enfrenta desafíos en la organización, control y documentación de las actividades de mantenimiento, particularmente en las áreas de automatización e instrumentación. A fin de mejorar estos procesos y alinearse con estándares internacionales, este proyecto aplicado propone el desarrollo de una aplicación web basada en la norma ISO 14224:2016.

La norma ISO 14224:2016 establece un marco para la recolección y estructuración de datos de mantenimiento y confiabilidad, promoviendo la gestión de la información técnica de los equipos. Esta aplicación digital permitirá la creación de una hoja de ruta específica para cada equipo, facilitando el registro en tiempo real de las actividades de mantenimiento según las órdenes emitidas por el área de planificación.

La implementación de esta herramienta digital no solo agilizará la generación de informes de mantenimiento, sino que también mejorará la calidad de la información suministrada. Asimismo, se busca garantizar la precisión en la documentación, cumpliendo con los estándares internacionales, reducir los reprocesos documentales y minimizar el impacto ambiental al eliminar la necesidad de impresión de documentos en papel. Este desarrollo representa un paso significativo hacia la transformación digital del mantenimiento en el Ingenio Providencia, contribuyendo a una mayor eficiencia operativa y compromiso ambiental.

Justificación

Desarrollar un aplicativo web que permita gestionar el mantenimiento en el Ingenio Providencia bajo estándares normativos, es de gran importancia para las áreas de automatización e instrumentación, ya que, permite obtener mejor información del mantenimiento ejecutado, agilizar gestión documental, estandarizar procesos y disminución de impacto ambiental.

Se busca crear una aplicación que permita físicamente al técnico recolectar la información de mantenimiento según una hoja de ruta específica de un equipo y acogiendo los ítems mínimos de mantenimiento según la norma ISO 14224:2016. En este informe digital se registra toda la información requerida por el formulario digital y se especifica la orden de trabajo, esta información es analizada y almacenada por el planeador en módulo de mantenimiento del software ERP.

Se agiliza la realimentación de la información en el software ERP (SAP modulo PM), se notifican las ordenes de mantenimiento con una información clara y concisa, minimizando los tiempos de gestión de ordenes de un grupo planificador. No se requiere, la impresión en papel de cada una de las ordenes, y, por consiguiente, el escaneo de cada orden respectivamente para ser anexadas en el software.

En general el impacto es positivo para la compañía, se ve reflejado en el mejor aprovechamiento del recurso humano de las áreas mantenimiento y planificación, la disminución de costos y residuos, mejora continua y competitividad. Estos factores son claves para el cumplimiento en las directrices internas de la compañía como lo son la gestión de la calidad y ambiental.

Objetivos

Objetivo General

Implementar un sistema de gestión documental de mantenimiento digital en el Ingenio Providencia.

Objetivos Específicos

Gestionar la información de mantenimiento aplicando la norma ISO 14224:2016.

Diseñar hojas de ruta de mantenimiento que permitan el ingreso de información relevante y concisa en la ejecución de las ordenes de trabajo.

Desarrollar un aplicativo web aplicando lenguajes de programación de alto nivel y bases de datos.

Planteamiento del Problema

Se requiere una herramienta tecnológica que permita almacenar la ejecución de ordenes de mantenimiento por parte del técnico de campo y la generación de informes para facilitar el análisis y realimentación de la información por parte del planeador en SAP en las áreas de instrumentación y automatización de fábrica del Ingenio Providencia, bajo estándares internacionales de mantenimiento.

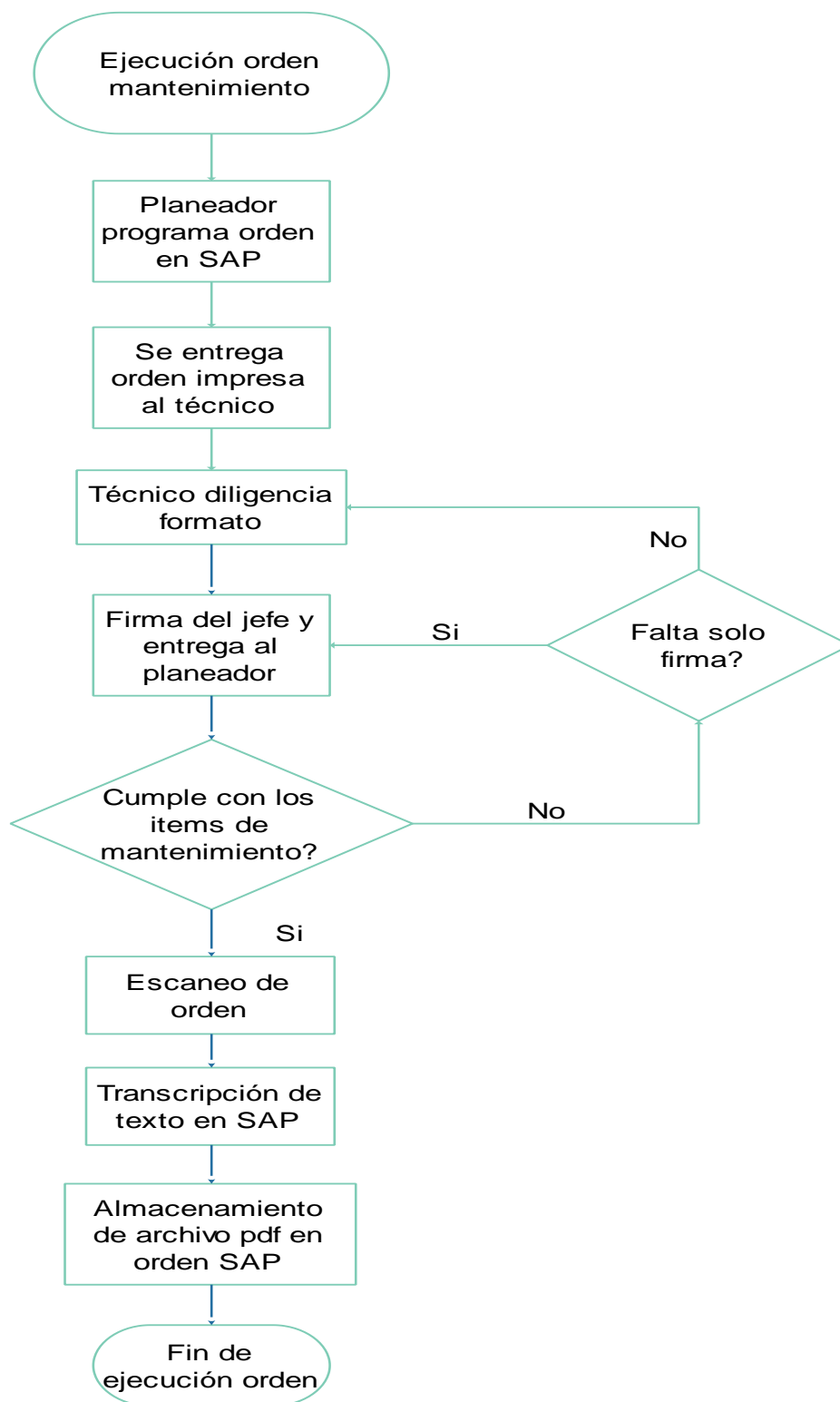
Actualmente, el proceso de almacenamiento de información es totalmente manual, las ordenes de mantenimiento se imprimen, las cuales luego son diligenciadas por los técnicos de mantenimiento. En cada hoja de papel, se escribe el detalle de actividades y hallazgos de los equipos planificados. Estos documentos son recibidos por el planeador, donde se analizan, aceptan y escanean, esto conlleva a que el planeador deba adjuntar uno por uno en el módulo del software ERP.

Por consiguiente, se deben realizar transcripciones para la realización de informes de mantenimiento y no se pueden llevar registros directamente en archivos Excel o bases de datos. Además, los técnicos deben escribir información, la cual en ocasiones es poco legible o entendible, ocasionando pérdida en la calidad de la información.

Esto genera reproceso, ambas partes consumen mucho recurso para el cumplimiento de actividades, los técnicos en la ejecución de mantenimiento y diligenciamiento del informe, y el planeador, en la realimentación de la información en el software ERP SAP. Esto refleja ineficiencia e ineficacia operativa, no se aprovecha al máximo del recurso humano del área de mantenimiento y planificación de mantenimiento. El proceso de ejecución de una orden de mantenimiento se puede observar en la siguiente figura 1:

Figura 1

Diagrama de Flujo Ejecución de Orden sin Aplicativo



Nota. Autoría propia.

En la figura 1 se explica el procedimiento actual para la ejecución y realimentación de una orden mantenimiento, se requiere la entrega física de la orden al técnico de mantenimiento, el cual debe diligenciar a mano y posteriormente solicitar la firma del supervisor del área. Este documento se entrega al planeador, donde se analiza si cumple con los ítems de mantenimiento y firmas. Se realiza la transcripción de texto de lo expresado textualmente por el técnico en el módulo PM SAP, al haberse notificado la orden, se procede a escanear la hoja impresa, se almacena el pdf generado por la impresora y se guarda en el respectivo número de orden en SAP.

Este procedimiento manual genera un impacto ambiental, por lo que se debe minimizar la huella de carbono al evitar la impresión de hojas de papel para registro de actividades, igualmente se reducen los costos asociados al material de oficina y la generación de residuos.

Según, la investigación previa para la adquisición de plataformas móviles asociadas directamente al software ERP requiere unas licencias, equipos y soporte técnico que conllevan una alta inversión, además de requerir un tiempo de aprobación e implementación muy prolongados que dependen de otras dependencias de la compañía. Para el proyecto se plantea usar los dispositivos móviles o los computadores disponibles en los talleres de mantenimiento.

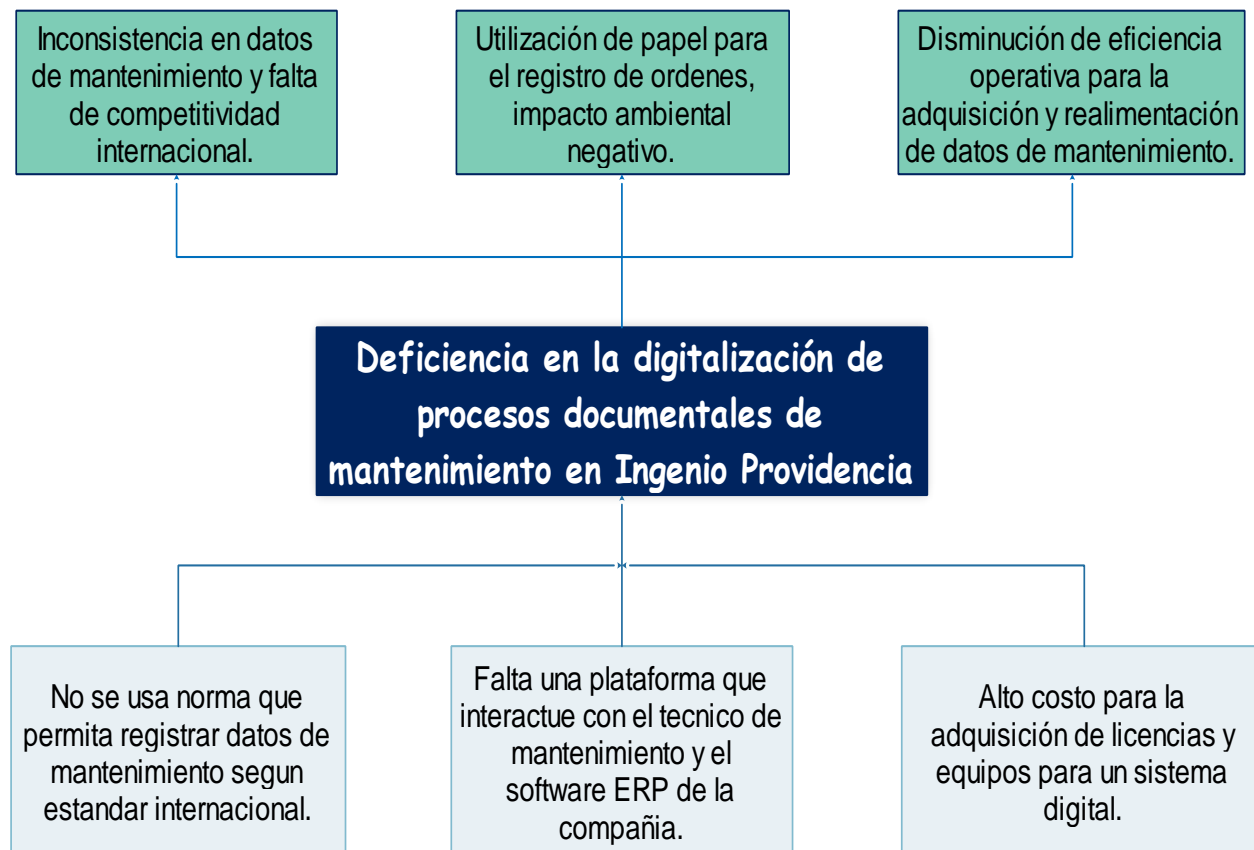
En la figura 2, se puede observar el análisis causa-efecto del problema, el cual se debe básicamente a tres factores: la disposición de una plataforma digital para la notificación de la ordenes, el costo elevado de plataformas comerciales y el desconocimiento de una norma para la gestión de información de mantenimiento.

Por consiguiente, se ocasiona que exista perdida en la calidad de la información de mantenimiento, se continua en la impresión de órdenes y poco aprovechamiento del recurso humano para la ejecución y realimentación. Esto se resumen en ineficiencia operativa, impacto ambiental y falta de competitividad de la compañía.

Causa-Efecto Problema Planteado

Figura 2

Árbol Causa-Efecto Problema Planteado



Nota. Autoría propia.

Por consiguiente, se hace necesario una aplicación de fácil acceso al personal técnico, recepción de informes al planeador de mantenimiento bajo los criterios técnicos normativos, agilidad en el tiempo de ejecución y realimentación, y bajo costo en su implementación.

Marco Teórico

Norma ISO 14224

La norma ISO 14224, es una norma internacional que sirve como guía para el registro de datos de mantenimiento y confiabilidad, durante el ciclo de vida operacional de los equipos en las industrias petrolera, petroquímica y gas natural (International Organization for Standardization [ISO], 2016).

Objetivos de la Norma

Según la ISO (2016) se distinguen los siguientes objetivos:

- Estandarizar la recolección de datos.
- Establecer los requisitos que cualquier sistema de datos de confiabilidad interno o disponible en el mercado debe cumplir para el intercambio de información.
- Describir prácticas de control y aseguramiento de la calidad de los datos para orientar a los usuarios.
- Facilitar el intercambio de información.
- Proporcionar un marco general y lineamientos para establecer objetivos de rendimiento y requisitos de confiabilidad para los equipos.

Enfoques de la Norma

“Los requerimientos de los datos a recolectar para ser utilizados con diferentes metodologías de análisis y un formato estandarizado de datos para gestionar la información de confiabilidad entre industrias, propietarios, fabricantes y contratistas” (ISO, 2016, p. 9)

Categorías de la Norma

Según la ISO (2016) se clasifican las siguientes características:

- Los datos de los equipos, los cuales comprende la taxonomía (clasificación de equipos de operación y mantenimiento) y sus características de los equipos.
- Los datos de fallas, que representan la información respecto a causa, modo, consecuencias de falla.
- Los datos de mantenimiento, por su parte involucran las acciones de mantenimiento, uso de recursos, herramienta y cronología de tiempo perdido.

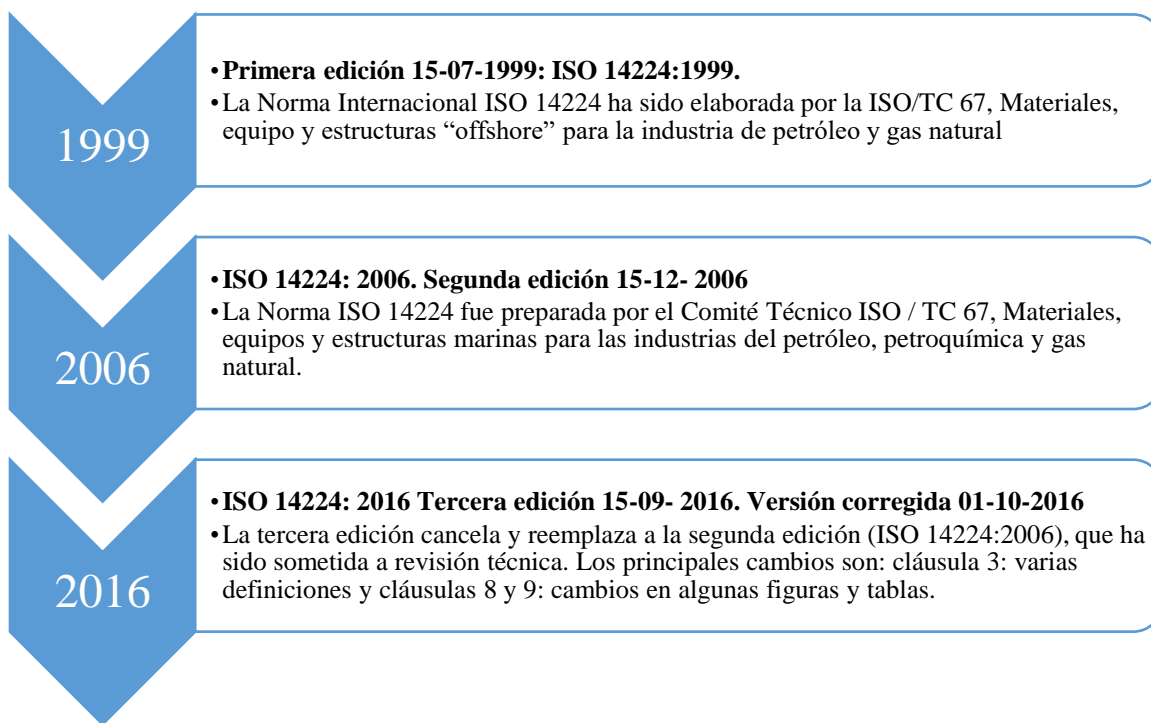
Áreas Principales en que se Usan los Datos

Las áreas principales son “confiabilidad, disponibilidad y eficiencia, mantenimiento (soporte de mantenimiento preventivo y correctivo), seguridad y medio ambiente” (ISO, 2016, p. 9).

Historia de la Norma

Figura 3

Línea Cronológica de la ISO 14224



Nota. Adaptado de (Predictiva21, 2023).

Aplicabilidad de la Norma

Según el segundo enfoque de la norma, relaciona un formato estandarizado para la gestión de información, resulta muy útil para ser implementado en el proyecto aplicado, por lo que, se busca es estandarizar la información recolectada del mantenimiento de las áreas de automatización e instrumentación del ingenio. Hoyos Menor & Tocto Roman (2022) usan esta norma para gestionar los reportes de mantenimiento del personal de mantenimiento eléctrico en una compañía de hidrocarburos.

La norma permite relacionarse con la categoría de datos de mantenimiento, por lo que integra la elaboración y presentación de informes o reportes de mantenimiento basados en condiciones del equipo, actividades, impacto en la operación, repuestos y componentes de los equipos (ISO, 2016). En el caso particular del proyecto aplicado, se va a aplicar solo en el área de mantenimiento, por lo tanto, no se van a gestionar estadísticas o data de fallas para ser evaluados por el área de confiabilidad, se busca es realimentar información de ejecución de mantenimiento en el ERP de la compañía, con el objetivo de registrar información precisa y concreta.

La norma también especifica la taxonomía de los equipos, en el caso del Ingenio Providencia por políticas internas en los departamentos de instrumentación y automatización, la identificación de los equipos se realiza aplicando la norma ISA 5.1.2022, por lo que solo se va a usar la ISO 14224 en el registro de datos de mantenimiento.

SAP

Es una empresa alemana, con sede principal en Walldorf, la cual es líder mundial en software empresarial. Ampliamente conocida por el desarrollo de software de planificación de recursos empresariales (ERP) (SAP, 2024).

Fundada desde 1972, sus siglas significan “desarrollo de programas para sistemas de análisis” o en alemán “Systemanalyse Programmentwicklung”, que se abrevian SAP. Según SAP (2024), desde su primer desarrollo SAP R/2 y SAP R/3, SAP, se establecieron los inicios de estándares para los software ERP, ahora cuenta con su último desarrollo SAP S/4HANA, el cual integra la computación in.memory para el gran procesamiento de datos y brinda soporte en inteligencia artificial y machine learning.

Módulos SAP ERP

Este software ERP se compone de 9 módulos que integran todos los recursos empresariales de una compañía, los cuales se pueden observar en la tabla 1:

Tabla 1

Módulos SAP ERP

Módulos SAP	Descripción
Finanzas (FI)	Maneja transacciones y operaciones financieras, abarcando todos los procesos contables de una organización.
Gestión de Costos (CO)	Gestiona la planificación financiera y la contabilidad de costos, permitiendo el análisis y optimización de estos.
Ventas y Distribución (SD)	Gestiona los procesos de ventas y distribución de productos y servicios.
Gestión de Materiales (MM)	Gestiona el aprovisionamiento, inventario y stocks de materiales en la empresa.
Planificación de Producción (PP)	Ayuda en la planificación y control de la producción, garantizando la fabricación de productos en tiempo y forma.
Gestión de Calidad (QM)	Implementa procesos de control de calidad para garantizar la calidad de productos y servicios.
Mantenimiento de Planta (PM)	Gestiona el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos y maquinarias para asegurar su correcto funcionamiento.

Módulos SAP	Descripción
Servicio al Cliente (CS)	Gestiona y resuelve los problemas de los clientes, cumpliendo con sus solicitudes de servicio.
Gestión de Proyectos (PS)	Ayuda en la planificación, ejecución y seguimiento de proyectos a gran escala dentro de la organización.

Nota. Adaptado de (Gutiérrez, 2022).

En la compañía donde se va a implementar el proyecto, se tiene como módulo de gestión el PM, en el cual, se planifican, programan y gestionan todas las actividades de mantenimiento, gestión de equipos y activos de las plantas.

Software

Frontend

Según Celi-Párraga et al., (2023) es la parte de la aplicación que interactúa con el usuario final, la interfaz gráfica donde se pueden distinguir las diferentes fuentes, colores, formas y animaciones que alimentan la página y crean una experiencia inmersiva en el visitante.

Para el desarrollo de esta parte de la página se debe tener en cuenta factores que faciliten el acceso, interacción y comunicación con lo que desea el usuario y lo que se pretende por parte del desarrollador. Comúnmente, se desarrolla en lenguajes HTML 5, CCS3 y JavaScript.

Backend

Según Celi-Párraga et al., (2023) se refiere al interior de las aplicaciones que se encuentran en el servidor, es el lado no visible por parte del usuario. En el sitio web se conforman del servidor, una base datos y una aplicación, es decir, es la parte encargada de recibir, procesar y entregar la información al usuario. Esta parte del aplicativo web se desarrolla en otros lenguajes de programación, tales como: PHP, Python, Ruby, MySQL, SQL server, Oracle, MongoDB.

HTML

En relación con este lenguaje, definen que “HTML son las siglas de HyperText Markup Language (Lenguaje de Marcas de Hipertexto), es el lenguaje de marcado predominante para la construcción de páginas web” (Celi-Párraga et al., 2023, p. 9).

Permite definir la estructura y el contenido, enriqueciéndolo con elementos como imágenes, el cual se denota a la hora de realizar el código con etiquetas o marcas. Según Celi-Párraga et al., (2023), HTML no es un lenguaje de programación de cierta forma como lo son C o Java, está estructurado en un conjunto limitado de etiquetas que se aplican en documento de texto, teniendo también la característica de ser compilado por medio del navegador web a medida que se desarrolla el documento de texto.

CCS

Es muy similar a HTML “CSS (Cascading Style Sheets u Hojas de Estilo en Cascada) es un lenguaje de programación muy parecido a HTML que permite aplicar estilos a los distintos elementos de las páginas web” (Celi-Párraga et al., 2023, p. 20).

Por lo que, se puede usar un mismo formato para que varios archivos dentro de la página web, simplemente se debe referenciar el nombre del archivo dentro del formulario HTML para añadir los estilos predeterminados.

JavaScript

Según Celi-Párraga et al., (2023) esta es la tercer tecnología que puede ser integrada al desarrollo Frontend de una página web, esta se puede integrar a HTML5 permitiendo el desarrollo de aplicaciones de escritorio como móviles.

De la misma manera que se puede evocar los estilos CSS en un archivo HTML, se puede realizar con Java Script, esto se puede realizar por medio de un script o directamente referenciando un archivo .js dentro del servidor.

PHP

Se puede definir este lenguaje como “PHP (Hypertext Preprocessor) es un lenguaje de programación destinado a desarrollar aplicaciones para la web y crear páginas web, favoreciendo la conexión entre los servidores y la interfaz de usuario” (Celi-Párraga et al., 2023, p. 56).

Es un lenguaje muy popular debido que es open source, el cual permite modificar su estructura y ser comercializado de manera gratuita, también está en constante mejora por parte de las comunidades adscritas.

Tiene la virtud de poder embeber código HTML para mostrar los datos que pueden variar según la información procesada, es una característica especial que no tiene otros lenguajes anteriores.

MySQL

Se puede definir como MySQL es la base de datos de código abierto más popular del mercado. Según DB-Engines, MySQL se clasifica como la segunda base de datos más popular, detrás de Oracle Database (Erickson, 2024).

Esta base permite gestionar información en aplicaciones de software cada vez que se realice una transacción, una solicitud u otra cualquier actividad que requiera registrar o solicitar datos. Según Erickson (2024), es una base de datos relacional, es decir, brinda acceso a puntos de datos relaciones entre sí. Las bases de datos tipo relacional de denotan por su modelo constructivo en tablas, lo que permite de forma directa y comprensible representar la información.

Estado del arte

En el mercado existen múltiples plataformas muy desarrolladas que permiten múltiples tareas en la gestión documental y mantenimiento. Se integran características avanzadas de integración de datos, generación de informes, algoritmos predictivos e incluso aplicación de nuevas tecnologías de inteligencia artificial, se enumeran las más conocidas.

IBM (s.f), presenta una novedosa plataforma de gestión de activos empresariales, el cual se denomina “Maximo Application Suite”, esta poderosa herramienta tecnológica permite reducir el tiempo de inactividad y aumentar el rendimiento y fiabilidad de los equipos industriales. Involucra aspectos claves en una compañía tales como: gestionar activos, planes de mantenimiento, recursos, procesos, inventarios y gastos. También, permite la integración con software ERP, optimizando el uso de herramientas móviles para el checking de ordenes de trabajo correctivas, preventivas y predictivas. Incluye, una herramienta de IA para la solución de fallas y obtención de tendencias en el equipamiento industrial.

SAP (s.f), desarrolla un software conocido como “SAP Enterprise Asset Management”, el cual permite la gestión de activos empresariales. Este software detalla en tiempo real, usando tecnología IoT y Machine Learning el estado y comportamiento de los diferentes equipos de una planta y la cadena de suministro Supply Chain. Su arquitectura de hardware se compone de dispositivos móviles y remotos, en los cuales se pueden desarrollar tendencias de riesgos de los equipos, análisis de modo de falla, aprendizaje continuo a través de modelos de IA y uso de técnicas de mantenimiento predictivo.

Liquid UI (s.f), permite integrar soluciones para dispositivos móviles para SAP ERP, teniendo en cuenta las funcionalidades táctiles y móviles que se requieren para ejecutar labores por medio del ERP, juntamente con las características de los sistemas Android con la simplicidad

y las mismas pantallas originales de SAP. Es decir, permite conectar a SAP ERP sin ninguna reinversión, tiene acceso a las mismas transacciones y funcionales desde un dispositivo diferente al de escritorio.

Rockwell Automation (s.f), presenta un software CMMS, que se denomina Fiix, el cual integra todas las actividades de mantenimiento de una planta industrial, aplica tecnologías modernas tales como uso de la nube y apoyo de IA para realizar seguimiento a los activos. El uso de este software integra equipos móviles y tecnologías de acceso remoto, que permiten observar el rendimiento de los equipos, crear banco de datos con los históricos de los equipos, comparar parámetros, enviar y responder ordenes de trabajo con gestión de IA.

UpKeep (s.f), desarrolló un software CMMS que permite gestionar el mantenimiento y confiabilidad con las herramientas y la información que necesitan para ejecutar operaciones de manera eficiente y efectiva. Comprende módulos para la gestión de ordenes de trabajo, mantenimiento preventivo, gestión de activos, partes e inventario y gestión de los costos. Funciona desde dispositivos móviles como celulares y Tablet, proporcionando acceso a cualquier técnico y, además, tiene conexión directa con sensores ubicados en los equipos para facilitar el monitoreo.

En Colombia se constituye la empresa Only Fire Security S A S, que desarrolla una herramienta tecnológica denominada IPM-X que permite registrar las actividades de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo de una planta industria. Los informes de mantenimiento de mantenimiento pueden ser generados por medio de plataforma web, dispositivo móvil o Tablet, herramientas desde las que se pueden almacenar los datos de los equipos, gestionar la ordenes de trabajo y obtener informes completos (IPM-X, s.f). Adoptan la norma NFPA para los indicadores de gestión de riesgo.

Metodología

Enfoque

El enfoque de este proyecto es de tipo cualitativo, ya que se basa en la recolección de la información proveniente de las órdenes de mantenimiento. Esta información será posteriormente realimentada en el software ERP del Ingenio Providencia.

Alcance

El proyecto tiene como alcance la implementación de un sistema de gestión de información de mantenimiento basado en la norma ISO 14224:2016 en las áreas de confiabilidad, instrumentación y automatización de la fábrica del Ingenio Providencia.

Población

El Ingenio Providencia, ubicado en el municipio de El Cerrito, Valle del Cauca.

Muestra

El proyecto se enfocará en las áreas de confiabilidad de mantenimiento, automatización e instrumentación dentro del Ingenio Providencia.

Fases del proyecto

Fase 1 Análisis y Planificación

Se ejecuta la primera actividad, que consiste en el análisis detallado de la norma ISO 14224:2016, con el fin de interiorizar los requerimientos de información de mantenimiento en las ordenes de trabajo.

Fase 2 Diseño del Sistema Documental

Se ejecutaría la actividad dos, en la cual se procede a diseñar las hojas de ruta de mantenimiento siguiendo las pautas de la norma ISO, teniendo en cuenta los aspectos de información técnica de los equipos, datos de mantenimiento y análisis de la información. Por

consiguiente, se procedería a ejecutar la actividad tres, en la cual se adquiere el alojamiento y dominio web, considerando los aspectos técnicos necesarios para la aplicación como capacidad de almacenamiento y ancho de banda.

Fase 3 Desarrollo Aplicativo Web

La actividad 4 comprende en el desarrollo del código en el alojamiento web adquirido, basándose en lenguajes de alto nivel como: PHP, HTML, CSS y Java Script, se desarrolla el Fronted y Backend de la aplicación. Gracias a este desarrollo, se ejecuta la actividad 5, donde se implementa la base de datos en MySQL para gestionar las ordenes de mantenimiento, las cuales se realimentan a través de un archivo obtenido del software ERP.

Fase 4 Pruebas y Ajustes

Se ejecuta la actividad 6, se procede a realizar pruebas del aplicativo, usando todas las funcionalidades del alojamiento web como lo son: el acceso, seguridad y gestión de bases de datos. En esta parte del proyecto, se realizarían pruebas piloto con jefes y técnicos del área para diagnosticar anomalías o recibir sugerencias para mejorar la interacción con la aplicación, además de evaluar el comportamiento del alojamiento como la velocidad de respuesta, almacenamiento y envío de la información.

Fase 5 Implementación y Capacitación

Se ejecuta la actividad 7, en la cual, se implementaría en las áreas de automatización e instrumentación el sistema documental digital de mantenimiento. Para ello se debe capacitar y orientar en el uso del aplicativo a los técnicos de mantenimiento y jefes del área, al igual que brindar soporte técnico en cualquier requerimiento.

Cronograma de Actividades

Tabla 2*Planeación de Actividades por Mes*

Actividad	Mes 1 agosto	Mes 2 septiembre	Mes 3 octubre	Mes 4 noviembre
Análisis y planificación	x			
Diseñar hojas de ruta	x			
Adquisición de alojamiento web		x		
Desarrollo de código		x		
Implementar base de datos			x	
Pruebas piloto y ajustes			x	
Implementar sistema				x

Nota. Autoría propia.

En la tabla 2 se muestra la cronología de las actividades para la implementación del proyecto, el cual comprende un periodo de cuatro meses.

Presupuesto

En la tabla 3, se observan los valores obtenidos según datos propios y en la adquisición del alojamiento en latinoamericahosting.

Tabla 3*Recursos Usados en el Proyecto Aplicado*

Recurso	Descripción	Presupuesto
Equipo Humano	Luis Eduardo Corrales Tafurt. Técnicos del área de automatización.	\$0
Equipos y Software	Computador portátil propio. Visual Studio Code. Xampp. FileZilla. Composer. Alojamiento web	\$0
Viajes y Salidas de Campo	Actividades experimentales en la empresa donde laboro.	\$0
Materiales y suministros	Alojamiento y dominio web adquirido.	\$132.500
TOTAL:		\$132.500

Nota. Autoría propia.

Diseño de la Solución

Gestión de Información según ISO 14224:2016

Se desarrolla el formato de informe que debe contener los datos mínimos de mantenimiento según la norma ISO 14224:2016, “se deberá utilizar un informe común para todas las clases de equipo para informar datos de mantenimiento. Los datos requeridos se encuentran en la Tabla 8. Para algunas clases de equipos, se requieren adaptaciones menores (p.ej. equipos submarinos)” (ISO, 2016, p.50).

Para el proyecto aplicado solo se tendrán en cuenta las actividades de mantenimiento preventivo, por lo que no se tienen en cuenta códigos y causas de fallas que se especifican como opcionales en esta tabla 8 de la norma.

La identificación única de mantenimiento será la orden generada por SAP, el tag del equipo para este caso no es esta asociado por esta norma, por políticas internas de la compañía se usa la ISA 5.1 2022 para la taxonomía de equipos.

En este formato se tiene en cuenta los datos mínimos requeridos por la norma, aunque también se anexan algunos ítems que pueden ser útiles para tener más información del plan preventivo y su ejecución. Es el caso de la hoja de ruta y resumen de mantenimiento, en los cuales se detallan las actividades a ser realizadas por el técnico, mientras el resumen tiene como objeto mostrar datos o puntos clave del mantenimiento para facilitar el análisis para el planeador de mantenimiento.

En la figura 4, se puede observar la estructura del informe de mantenimiento propuesto, el cual consta de un encabezado que denota el número de orden, el cual es el número único de registro de mantenimiento requerido por la norma, también se acompaña con el logo empresarial.

En el primer recuadro de encuentra la fecha de ejecución, la cual es clave para la trazabilidad del mantenimiento y requerimiento de la norma. En el segundo recuadro, se denotan los demás ítems mínimos exigidos según ISO (2016) los cuales son:

- Identificación/ubicación del equipo.
- Categoría de mantenimiento.
- Prioridad de mantenimiento.
- Intervalo de mantenimiento.
- Actividad de mantenimiento.
- Tiempo de mantenimiento/Down time.

Figura 4*Informe de Mantenimiento Primera Página***PROVIDENCIA****MANTENIMIENTO PREVENTIVO ORDEN No.:****INFORME DE MANTENIMIENTO**

Fecha de ejecución:
Registro mantenimiento: Registro de falla: Equipo: Denominación: Ubicación técnica: Categoría de mantenimiento: Prioridad mantenimiento: Intervalo de mantenimiento: Actividad de mantenimiento: Tiempo de mantenimiento/down time:
Hoja de ruta:

Nota. Adaptado de la tabla 8 de la norma (ISO, 2016, p. 52)

Figura 5*Informe de Mantenimiento Segunda Página*

Resumen de mantenimiento:
Observaciones adicionales:
Técnico responsable:

Nota. Adaptado de la tabla 8 de la norma (ISO, 2016, p. 53)

En la figura 5, se añaden componentes para nutrir más el informe de mantenimiento, por lo que, en el tercer recuadro se presenta la hoja de ruta del equipo, el cual va relacionado al tipo de equipo que se va a intervenir, es decir, varía de acuerdo con que orden y equipo va a ser intervenido.

El cuarto recuadro, comprende un resumen de mantenimiento, ya que, se desean registrar los valores numéricos y de estado de los equipo, de la forma más practica posible, por lo que en este espacio se usará una tabla generada por el aplicativo para distinguir los ítems de mantenimiento exigidos por la hoja de ruta.

En el quinto recuadro, se pueden describir todas las observaciones resultantes del mantenimiento, es una información muy valiosa para conocer si existen elementos externos u operativas que están afectando la correcta operación del equipo.

Por último, se deja un espacio para que el técnico registre su nombre y número de identificación corporativa, esto se hace con el objeto de tener trazabilidad de las ordenes de mantenimiento, es en ocasiones importante saber que técnico fue el encargado para facilitar otro tipo de análisis en los equipos.

Actividades de Mantenimiento

Según la norma ISO (2016) existen 12 tipo actividades de mantenimiento, en la tabla 4 se muestra la clasificación:

Tabla 4

Actividades de Mantenimiento

Código	Actividad	Descripción	Ejemplos	Uso
1	Reemplazar	Reemplazo del ítem por uno nuevo o rehabilitado del mismo tipo y marca	Reemplazo de un rodamiento desgastado	C, P
2	Reparar	Acción manual para restaurar un ítem a su estado original	Reempaquetamiento, soldadura, llenado, reconexión, refabricación, etc.	C
3	Modificar	Reemplazar, renovar o cambiar el ítem con una pieza de otro tipo, marca o diseño	Instalar un filtro con una malla menor, reemplazar una bomba de aceite con una de otro tipo	C, P

Código	Actividad	Descripción	Ejemplos	Uso
4	Ajustar	Restaurar una condición fuera de tolerancia al rango de tolerancia	Alinear, configurar, calibrar, equilibrar	C, P
5	Reequipamiento	Reparación menor para restaurar el ítem a una apariencia aceptable	Pulido, limpieza, fresado, pintura, recubrimiento, lubricación, cambio de aceite	C, P
6	Revisión	Investigación de la causa de falla sin realizar mantenimiento o acción postergada	Reinicio, reconfiguración, sin acción de mantenimiento (relevante para fallas funcionales)	C
7	Servicio	Tareas de servicio periódico sin desarme del ítem	Limpieza, reposición de suministros consumibles, ajustes y calibraciones	P
8	Prueba	Prueba periódica de funcionamiento o rendimiento	Prueba de función de un detector de gas, prueba de exactitud de un flujómetro	P
9	Inspección	Inspección/verificación periódica con o sin desarmado	Verificación general, mantenimiento menor como parte de la inspección	P
10	Reacondicionamiento	Reacondicionamiento mayor	Inspección/ acondicionamiento general con desarmado y reemplazo de ítems según se requiera	C, P
11	Combinación	Incluye varias de las actividades anteriores	Si una actividad predomina, se puede registrar	C, P
12	Otros	Actividad de mantenimiento diferente a las anteriores	Ej. actividades de protección	C, P

Nota. C, utilizado típicamente en el mantenimiento correctivo y P, utilizado típicamente en el mantenimiento preventivo. Adaptado de Tabla B.5-Actividad de mantenimiento (ISO, 2016, p.181)

Según lo observado en la tabla 4, como las ordenes que se van a ejecutar en el aplicativo son de naturaleza preventiva para las áreas de instrumentación y automatización, las actividades permitidas son: reemplazar, modificar, ajustar, reequipamiento, servicio, prueba, inspección (overhaul), reacondicionamiento, combinación y otros. La gran mayoría de los equipos a cargo

de estas áreas de automatización e instrumentación requieren una verificación periódica, calibración, reemplazo, ajuste e inspección, debido a la clasificación de los equipos que son transmisores electrónicos, basculas, sistemas de control y actuadores finales.

Hoja de Ruta según Clasificación de Equipos

Según lo observado en el informe de mantenimiento, se tiene un espacio donde el técnico debe diligenciar unos ítems específicos según la clase de equipo, por consiguiente, tendrá una guía donde seguirá paso a paso y digitara unos datos, los cuales integran la información que se generara en el archivo .pdf.

La clase de equipos a cargo de las áreas de instrumentación y automatización, son los siguientes:

- Válvulas automáticas proporcionales
- Válvulas automáticas ON/OFF
- Variadores de velocidad
- Arrancadores suaves
- Electroválvulas o conjunto manifold
- Evaporadores
- Sistema de transporte neumático
- Flujómetros magnéticos.
- Transmisores electrónicos presión DP
- Transmisores electrónicos de nivel
- Transmisores electrónicos de presión
- Transmisores electrónicos de densidad
- Transmisores electrónicos de temperatura

- Transmisores electrónicos ópticos
- Sistema alimentación ininterrumpida UPS
- Compresores de aire

Dependiendo de cada clase de equipo, se tendrá una hoja de ruta diferente, que el técnico correlaciona en el aplicativo web de acuerdo con el encabezado de la orden, siendo este número de orden el que se extrae de la base de datos mensual de programación, como registro único de mantenimiento.

Este valor único de registro es el punto clave para que el planeador pueda realimentar el ERP, se adjunta el archivo .pdf directamente en la orden SAP y se almacenaría la información de mantenimiento consignado por el técnico.

En la figura 6, se puede observar la hoja de ruta que se imprime para una inspección de instrumentación de un evaporador de jugo. Esta hoja, consta de un encabezado donde se especifica el equipo a inspeccionar, se denotan unas pautas iniciales para la intervención del equipo. Como segunda parte, se detallan los equipos y los ítems de mantenimiento requeridos según el plan de mantenimiento, el cual pueden constar del registro de variables de proceso, actividades de mantenimiento y check list de estado de los equipos según los catálogos de mantenimiento.

Por último, se registran un texto sobre recomendaciones generales de seguridad industrial y manejo de residuos, los cuales son ítems revisados por personal de auditoría al momento de revisar la gestión del mantenimiento de la planta.

Figura 6

Ejemplo Hoja de Ruta de Instrumentación de un Evaporador de Jugo

```

FP. INSTRUMENTACION EVAPORADOR
-----

COORDINAR CON OPERACIÓN REVISIÓN DE LOS INSTRUMENTOS, SIN QUE AFECTE EL
PROCESO. INFORMAR AL SUPERVISOR SOBRE LOS INCONVENIENTES PARA ELABORAR LAS
RESPECTIVAS ORDENES DE MANTENIMIENTO.
VERIFICAR ESTADO DE LOS INSTRUMENTOS, REALIZAR LIMPIEZA Y ADECUACIÓN DE
CONEXIONADO.

ESTADO EQUIPO:

FP90210041 PT-432A PRESION CUERPO          _____ LECTURA DCS
FP90210040 PT-433A PRESION CALANDRIA       _____

FP90260035 TT TEMP. CUERPO                _____ OHMIOS   LEC.DCS  TABLA

FP92067207 MANOMETRO CALANDRIA 67207      _____ LECTURA
FP92067208 MANOMETRO CUERPO 67208        _____
FP91068526 TERMO. CUERPO 68535           _____
FP91068535 TERMO. IN VAPOR 68535         _____

RECOMENDACIONES:
- AL EJECUTAR LABORES DE MANTENIMIENTO REALIZAR UN INVENTARIO DE
HERRAMIENTAS Y REPUESTOS ANTES Y DESPUES DE FINALIZADA LA LABOR.
- UNA VEZ TERMINADO EL MANTENIMIENTO, ENTREGAR AL RESPONSABLE DE LA
OPERACIÓN EL EQUIPO DISPONIBLE.
- LOS RESIDUOS GENERADOS DURANTE EL MANTENIMIENTO, RECOGERLOS Y
DEPOSITARLOS EN LOS RESPECTIVOS SITIOS DE ACOPIO.
- EN CASO DE PRESENTARSE DERRAME DE SUSTANCIAS EJECUTAR
EL RESPECTIVO FONDS: 8-PR-33-008

NOTA: UTILIZAR LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL,
DILIGENCIAR LOS FORMATOS Y NORMAS DE SEGURIDAD DE
ACUERDO A LOS REQUERIMIENTOS DE LA EMPRESA.

```

Nota. Autoría propia.

Implementación del Aplicativo

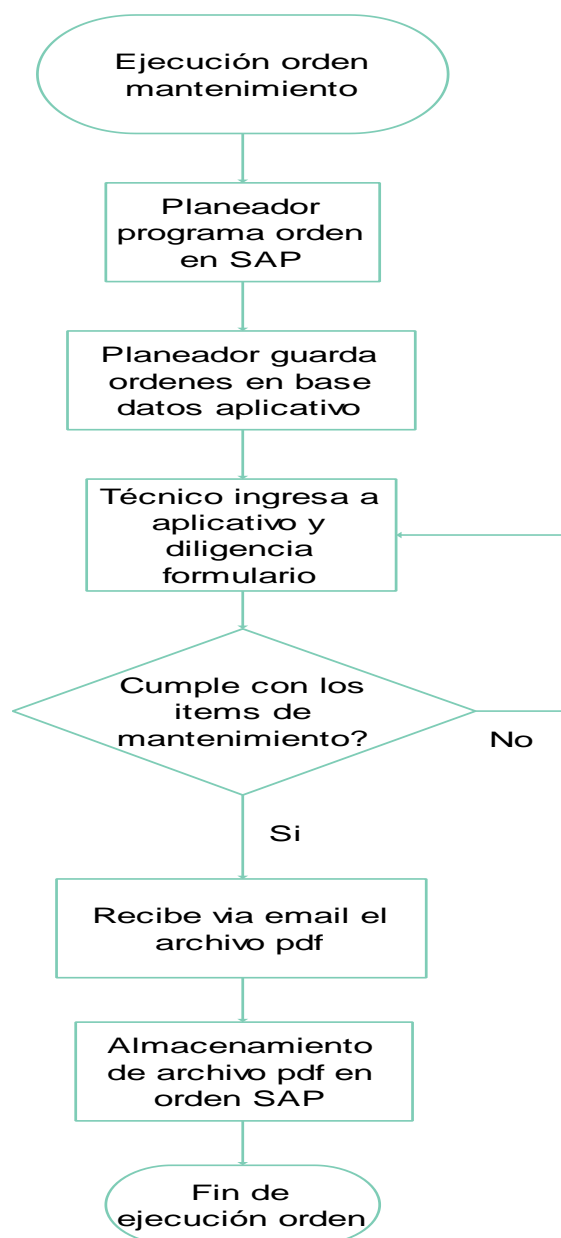
Con la implementación del aplicativo se reducen los pasos para la ejecución de ordenes de mantenimiento. En la base de datos del aplicativo, se almacenan las ordenes preventivas previamente programadas en SAP, el técnico debe solamente ingresar a la URL y diligenciar el formulario que contiene la hoja de ruta para el equipo específico.

En la figura 7, se puede observar que, al momento de dar en generar informe, el aplicativo es capaz de enviar un archivo .pdf al email corporativo del planeador, este archivo contiene los datos requeridos por la hoja de ruta y los ítems mínimos de mantenimiento exigidos por la norma ISO 14224.

Por último, el planeador solo debe analizar la información, y en tal caso, de hallar anomalías, debe realizar los informes de mantenimiento, que, para esta ocasión, ya solo sería realizar copia de los datos registrados en el pdf. Si no se encuentran hallazgos negativos, se procedería a almacenar el archivo y quedaría finalizada la ejecución de mantenimiento.

Figura 7

Procedimiento Ejecución Ordenes por Medio del Aplicativo



Nota. Autoría propia.

Desarrollo de Código

Para la realización del código fuente de este aplicativo web, se utilizaron lenguajes de programación comúnmente conocidos, como HTML, PHP, CSS y JavaScript, y como sistema de gestión de bases de datos se usó MySQL.

Como software de diseño de código se usó Visual Studio Code, el cual es open source y está licenciado gratuitamente para Windows. Es un editor ligero, rápido y ampliamente usado en las áreas de programación (Visual Studio, 2024).

Para el alojamiento web y dominio, se compraron los recursos de la compañía Latinoamérica Hosting, la cual presta servicios principales en los países de Colombia, México y Perú. Es una empresa que ofrece buen soporte y tiene más de 17 años en el servicio de hosting (Latinoamérica Hosting, 2024).

Como servidor local (local host) se usaron los recursos del paquete XAMPP, el cual permite ejecutar y probar los diseños del Frontend y Backend antes de ser publicados en el alojamiento, permitió los primeros pasos de diseño de la aplicación.

Para transferir los archivos se usó FileZilla, el cual es un cliente FTP de código abierto y totalmente gratuito. Me permitió copiar todos los archivos en masa que se iban desarrollando en el aplicativo web.

Para la gestión de bibliotecas usadas en php, se usó Composer, el cual permite declarar las bibliotecas requeridas en el proyecto. En este caso se necesitan bibliotecas para la generación de archivos pdf, Dompdf y para el envío de archivos vía email por medio de PhpMailer.

Dominio

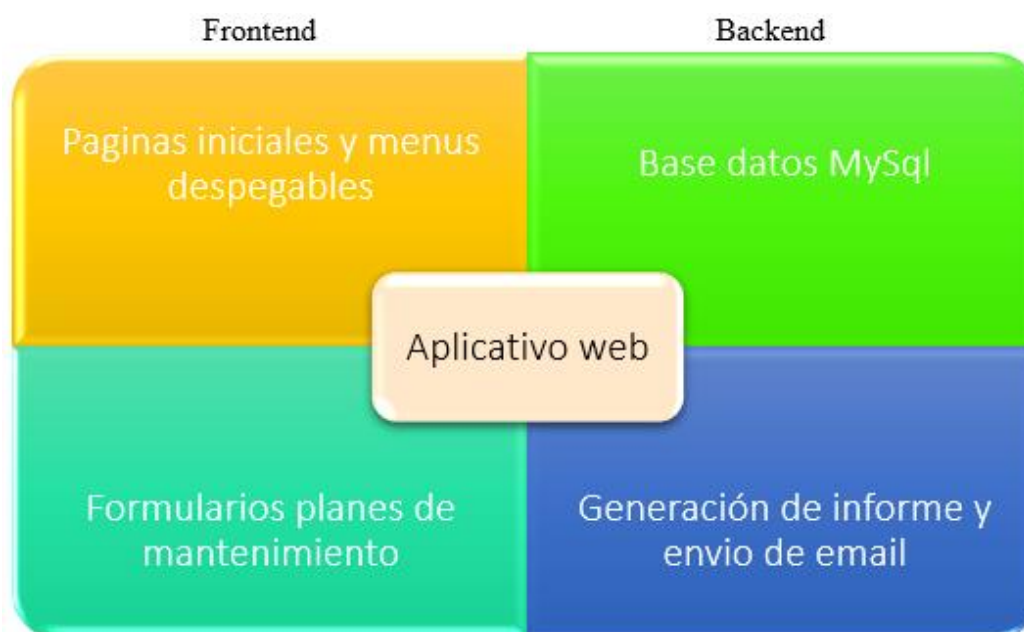
El dominio adquirido para el aplicativo es de extensión .com, el nombre es “sdmprov.com”, el cual significa que es un sistema digital de mantenimiento del Ingenio Providencia.

Código Fuente

El código se desarrolló en Visual Studio Code, donde se almacenaron los archivos .html., .php, y .css. En la figura 8 se muestran los bloques de la forma en se concibe el funcionamiento del aplicativo, el cual consta de las dos partes fundamentales que se componen el diseño web, el Frontend, el cuales es toda la interfaz gráfica que interactúa con el usuario, y el Backend, el cual se encarga de ejecutar las funciones específicas y especiales del aplicativo.

Figura 8

Bloques de Programa



Nota. Autoría propia.

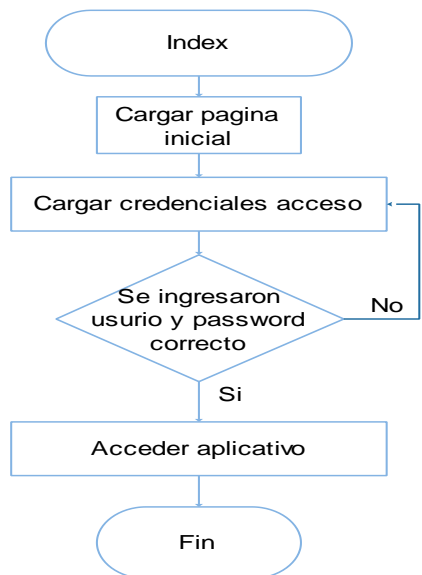
La página inicial contiene la primera interfaz gráfica, en la cual se ingresan las credenciales de acceso. Al ingresar al aplicativo, se pueden seleccionar los diferentes menús despegables, este diseño inicial es clave para mejorar buen impacto visual en el usuario y el interés en continuar con la navegación. Cabe resaltar, que en este caso se usaron los colores y logos corporativos de la compañía para que se relacione con la temática del proyecto.

La según parte de la interfaz consiste en el diseño de los diferentes formularios, donde se plasman las hojas de ruta de los planes de mantenimiento, es importante tener en cuenta todos los aspectos técnicos de los planes preventivos y de los equipos para que se genere una información concisa y acertada.

El Backend por otro lado, se parte en los archivos PHP que permiten acceder a los datos de los diferentes planes de mantenimiento, para ello, se gestionó un archivo que permite buscar dicha información en la base de datos de MySQL. Luego de registrar esta información, por cada formulario HTML generado, se interaccionan un archivo PHP, el cual tiene como objetivo generar el archivo pdf con todas las características de diseño vistas en las anteriores figuras 4 y 5, y enviar el archivo vía email al planeador.

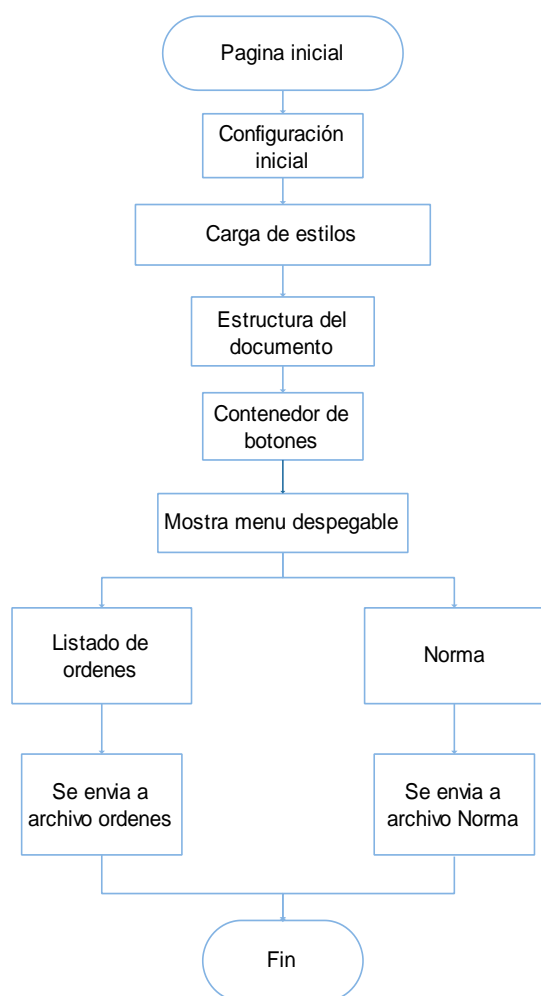
Figura 9

Index del Aplicativo



Nota. Autoría propia.

En la figura 9, se muestran los pasos iniciales para el ingreso en el aplicativo, se ingresa a la URL sdmprov.com, luego de ingresar las credenciales correctas, se continua con la navegación del aplicativo.

Figura 10*Página Inicial del Aplicativo*

Nota. Autoría propia.

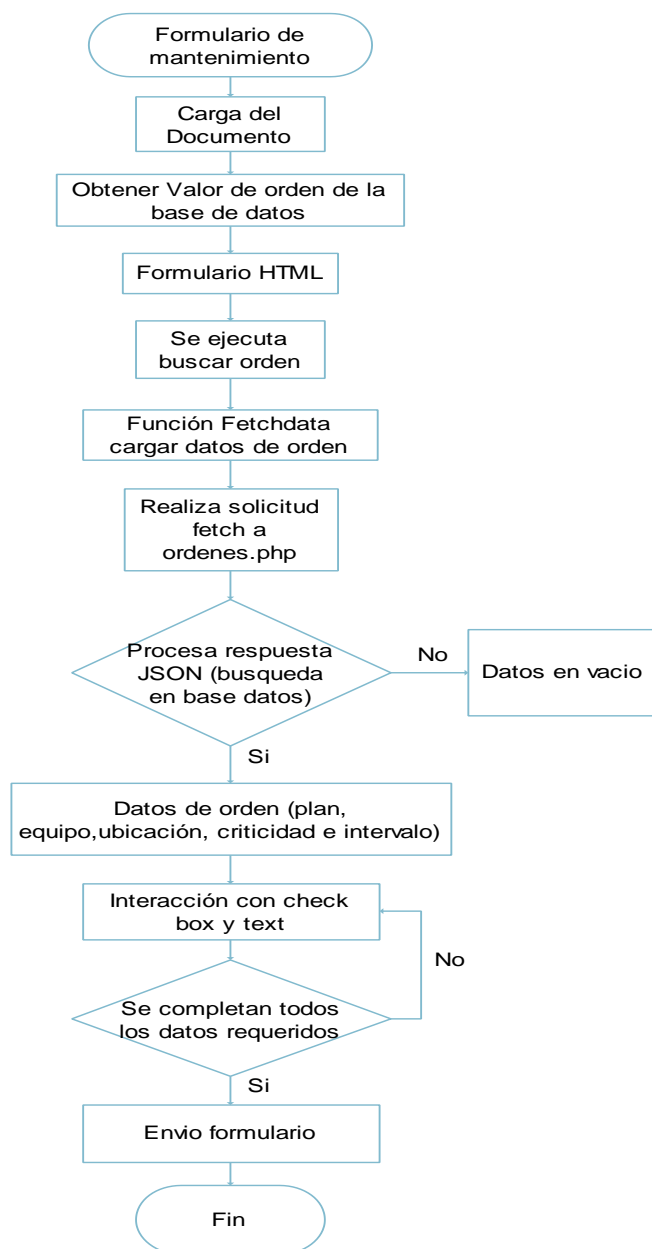
En la figura 10, se puede observar el paso a paso de la página inicial del aplicativo, la que se presenta luego del haber ingresado la credenciales correctas. La siguiente acción del usuario es seleccionar lo que se desea ejecutar, ya sea continuar con la opción de ordenes o leer la norma de mantenimiento.

En la figura 11, se puede observar la forma en que se realizan los diferentes hojas de ruta de los equipos usando formato HTML. Inicialmente, con el número de orden se buscan los datos de mantenimientos mínimos, los cuales están almacenados en un base de datos MySQL. Al

encontrar el número de orden, se extraen todos los datos del plan de mantenimiento, los cuales serán registrados en el archivo pdf que se genera. Se deben registrar obligatoriamente los datos campos solicitados para que se pueda enviar el informe. En el Apéndice A se puede observar el código fuente.

Figura 11

Diagrama Flujo Creación Formularios en Código Archivo HTML

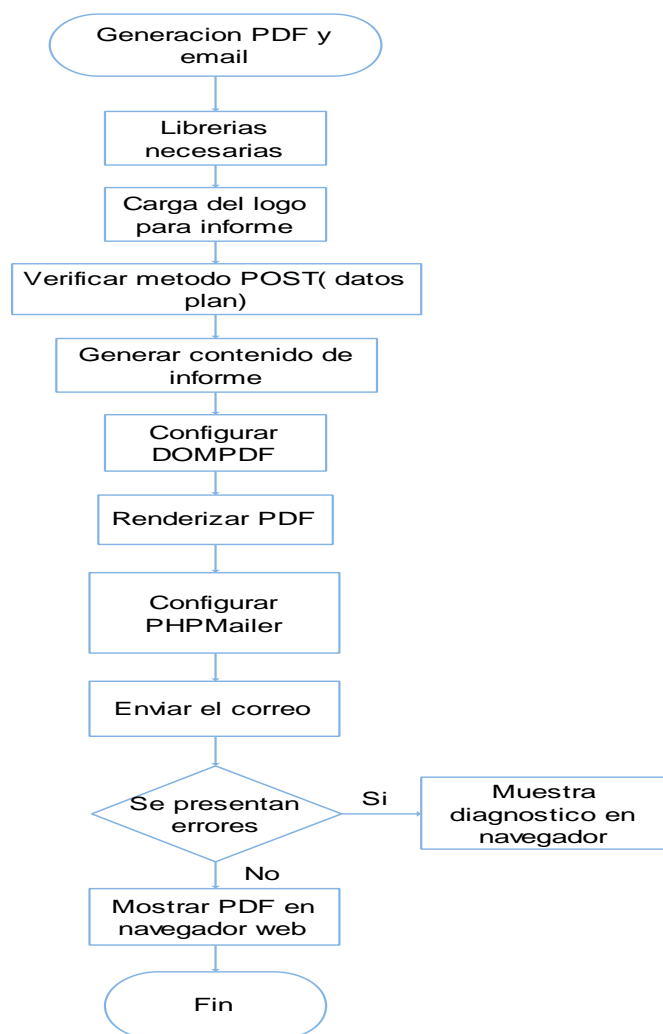


Nota. Autoría propia.

En la figura 12, se puede observar el archivo que ejecuta la función de generar el pdf y el envío de email, este archivo PHP realiza inicialmente la carga de la imagen que sirve como eslogan en el informe, luego cargar las librerías necesarias, elabora el cuerpo del informe. Para esto, se elabora previamente en cada formulario el texto, se compone de la hoja de ruta y resumen de mantenimiento, por último, se renderiza el pdf, se configuran los datos en envío del correo, se envía y se visualiza el pdf en el navegador web. En el anexo 2 se puede observar el código fuente.

Figura 12

Código Archivo PHP



Nota. Autoría propia.

Figura 13

Administrador Base Datos MySQL

The screenshot shows the MySQL Administrator interface. At the top, there are navigation buttons: Examinar, Estructura, SQL, Buscar, Insertar, Exportar, and Importar. Below these is a SQL query editor with the text: `SELECT * FROM `ordenes``. There are also options for 'Perfilando' and various editing actions like 'Editar en línea', 'Editar', 'Explicar SQL', 'Crear código PHP', and 'Actualizar'. Below the editor is a control bar with a dropdown menu showing '1', navigation arrows, a 'Mostrar todo' checkbox, 'Número de filas: 25', and a search box labeled 'Filtrar filas: Buscar en esta tabl...'. A 'Opciones extra' button is also present. The main area displays a table with the following data:

Plan	Orden	Descripcion	Equipo	Denominacion	Indice	Ubicacion
57648	96780054	AP. INSTRUMENTACION CIGAR	FP08001004	TANQUE RECUPERACION CONDENSADOS FAB. TRC	3	FABRICA
55949	96780055	AP. INSTRUMENTACION EVAPORADOR 3A	FP08010501	EVAPORADOR 3A	3	FABRICA
54796	96780060	AP. INSTRUMENTACION SONDEX No.5	FP950222	CALENTADOR PLACAS JUGO DILUIDO #5 SONDEX	3	FABRICA
	96780059	AP. INSTRUMENTACION	FP12020406	SECADORA AZ? CAR 2 BLANCO	3	FABRICA

At the bottom left, there is a 'Consola' button.

Nota. Adaptado de alojamiento web latinoamericahosting.com

En la figura 13, se observa la interfaz de la base de datos en MySQL, el alojamiento web tiene PhpMyadmin, el cual permite administrar esta base de datos. Se creó una tabla denominada “ordenes”, la cual contiene toda la información de las órdenes de mantenimiento, los datos del plan, el equipo y el asignado de la ejecución.

La idea es cada mes, realimentar esta tabla con las nuevas órdenes programadas, para ello se usaría este administrador de base y se importaría un archivo .csv que contenga toda esta información necesaria.

Ingreso al Aplicativo

1. Inicialmente se debe digital en el navegador web: sdmprov.com

Figura 14

Dominio de la Aplicación



Nota. Autoría propia.

2. Ingresar usuario y contraseña designados por el planeador.
3. Se tienen los menús: órdenes y norma.

Figura 15

Página Inicial de Aplicativo



Nota. Autoría propia.

4. Al seleccionar ordenes, aparecen el listado de las áreas de instrumentación y automatización.

5. Se selecciona el área y se da buscar, se muestran las órdenes para el mes programado.

Figura 16

Ordenes de Mantenimiento



Selecione el área: Instrumentacion

Orden	Descripcion	Responsable	Informe
96782484	AP. CALIBRACION BASCULA PESAJE MIEL B.	ASIGNADO LISTADO REP	<input type="button" value="Abrir Informe"/>
96782537	AP. DT DENSIDAD ENTRADA TQ. BUFFER	ASIGNADO LISTADO REP	<input type="button" value="Abrir Informe"/>
96782539	AP. DT DENSIDAD TANQUE LICOR FUNDIDO	ASIGNADO LISTADO REP	<input type="button" value="Abrir Informe"/>

Nota. Autoría propia.

6. Dar clic para empezar a diligenciar el informe de mantenimiento.

Figura 17

Selección de Orden de Mantenimiento



Selecione el área: Instrumentacion

Orden	Descripcion	Responsable	Informe
96782484	AP. CALIBRACION BASCULA PESAJE MIEL B.	ASIGNADO LISTADO REP	<input type="button" value="Abrir Informe"/>
96782537	AP. DT DENSIDAD ENTRADA TQ. BUFFER	ASIGNADO LISTADO REP	<input type="button" value="Abrir Informe"/>
96782539	AP. DT DENSIDAD TANQUE LICOR FUNDIDO	ASIGNADO LISTADO REP	<input type="button" value="Abrir Informe"/>

Nota. Autoría propia.

7. Se da buscar, para que se extraigan los datos del plan de mantenimiento.

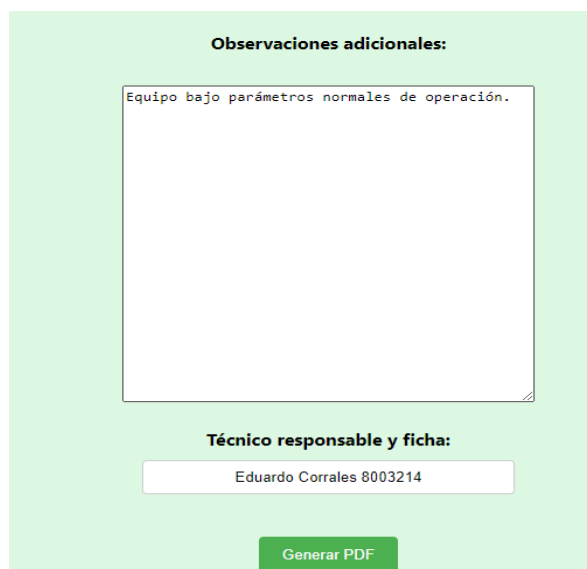
Figura 18*Datos de Plan de Mantenimiento*

The screenshot shows a web form titled "Instrumentación CIGAR" with a green header. The form contains several input fields and a search button:

- Fecha de ejecución:** A date picker field showing "dd/mm/aaaa".
- Número de orden:** A text input field containing "96780054" and a green "Buscar" button.
- Plan:** A text input field containing "57648".
- Descripción plan:** A text input field containing "AP. INSTRUMENTACION CIGAR".
- Identificación de equipo:** A text input field containing "FP08001004".
- Denominación de equipo:** A text input field containing "TANQUE RECUPERACION CONDENSADOS FAB".

Nota. Autoría propia.

8. Se procede a diligenciar el formulario, se debe diligenciar todos los datos para poder enviar el informe. Se da clic en generar pdf y automáticamente se muestra el informe en el navegador y se envía al email al planeador.

Figura 19*Diligenciamiento Formulario*

The screenshot shows the "Observaciones adicionales:" section of the form. It features a large text area with the text "Equipo bajo parámetros normales de operación." and a "Generar PDF" button at the bottom.

Técnico responsable y ficha: Eduardo Corrales 8003214

Nota. Autoría propia.

9. Si se desea ver la información adicional de la norma, se puede seleccionar en norma y seleccionar “Norma ISO 144224”.

Figura 20

Información General Norma ISO

Norma ISO 14224:2016		
Tabla 8 — Datos de Mantenimiento		
Categoría de datos	Datos a registrar	Descripción a
Registro de Mantenimiento (*)	Identificación de Mantenimiento único	Identificación/ubicación del equipo (*) ej. número de etiqueta (Véase Tabla 5)
Registro de falla (*)		Correspondiente al registro de identificación de falla (no es relevante para el mantenimiento preventivo)
Fecha del mantenimiento (*)		Fecha cuando fue realizada la acción de mantenimiento o planificada (fecha de inicio)
Categoría de Mantenimiento (*)		Categoría principal (correctiva, preventiva)
Prioridad del Mantenimiento		Prioridad alta, media o baja
Intervalo (planeado)		Calendario o intervalo operativo (no relevante para mantenimiento correctivo)
Datos de Mantenimiento	Actividad de Mantenimiento	Descripción de la actividad de mantenimiento. Véase Anexo B, Tabla B.5
Impacto en planta de las operaciones de mantenimiento		Cero, parcial o total
Sub-unidad mantenida		Nombre de la sub-unidad mantenida (Véase Anexo A) (puede ser omitido del mantenimiento preventivo).

Nota. Autoría propia.

Validación y Pruebas

Para realizar las pruebas se almacenaron en la base de datos de MySQL las ordenes preventivas del mes, se utiliza el mismo procedimiento de designación a cada técnico para la ejecución del informe y se retroalimenta la información en SAP.

Figura 21

Ejecución de Mantenimiento Preventivo

PROVIDENCIA MANTENIMIENTO PREVENTIVO ORDEN No.: 96780041

INFORME DE MANTENIMIENTO

Fecha de ejecución: 2024-10-21

Registro mantenimiento: AP. DT DENSIDAD ENTRADA TQ. BUFFER

Registro de falla: No registra

Equipo: FP935012

Denominación: DT-450 DENSIDAD ENTRADA TQ. BUFFER

Ubicación técnica: FABRICA

Categoría mantenimiento: Preventivo

Prioridad mantenimiento: MEDIA

Intervalo de mantenimiento: 28 días

Categoría de mantenimiento: Preventivo

Actividad mantenimiento: Prueba e inspección

Tiempo de mantenimiento/downtime: 2 hora(s)

Nota. Autoría propia.

En la figura 21, se observa el encabezado del informe generado por un técnico del área de instrumentación, donde se pueden observar los datos mínimos exigidos por la norma ISO 14224.

Figura 22

Hoja de Ruta para Transmisor de Densidad

Hoja de ruta:

PP. Transmisor de densidad

Coordinar con operación revisión del equipo, sin que afecte el proceso. informar al supervisor sobre los inconvenientes para elaborar las respectivas ordenes de mantenimiento.

Procedimiento de mantenimiento:

1. Desconectar y desmontar instrumento.
2. Asear capilares H y L del instrumento.
3. Inspeccionar capilares del instrumento.
4. Realizar calibración en aire y agua con comunicador HART.
5. Registrar lectura y mA de calibración.
6. Instalar instrumento y comprobar señal en DCS

Nota. Autoría propia.

En la figura 22, se detalla la hoja de ruta que debe seguir el técnico para la inspección del transmisor de densidad, se describe el paso a paso del proceso de revisión, aseo y calibración del equipo que debe quedar plasmado en el informe de mantenimiento.

Figura 23

Resumen de Mantenimiento y Datos Adicionales

Resumen de mantenimiento:	
Equipo	Resultado
Desconectar y desmontar instrumento	realizado
Asear capilares H y L del instrumento	realizado
Inspeccionar capilares del instrumento	buen estado
Realizar calibración en aire y agua con comunicador HART	realizado
Lectura calibración cero °Brix	0.9 Brix
Lectura calibración cero mA	3.99
Lectura calibración agua kg/m3	998.3 Kg/m3
Lectura calibración agua mA	3.9
Instalar instrumento y comprobar señal en DCS	habilitado y puesta en línea

Observaciones:
Se instala se conecta y se verifican parámetros en sitio.

Técnico:

Heider Acosta 80004668

Nota. Autoría propia.

En la figura 23, se plasman datos adicionales que se consideran anexar en el informe, los cuales son el resumen de mantenimiento que muestra el registro de lecturas de calibración, observaciones del equipo y el técnico que realizó dicho procedimiento de mantenimiento.

Análisis de Resultados

Dentro de los resultados obtenidos al usar este aplicativo web se distinguen tres aspectos importantes: mejora continua en la calidad y presentación de la información, eficiencia operativa y disminución de costos e impacto ambiental.

Calidad de la Información

En la figura 24, se puede observar una orden impresa y diligenciada a mano por el técnico, se pueden presentar ambigüedades a la hora de interpretar la información debido a que no puede ser tan legible la caligrafía y las unidades no pueden estar denotadas en el informe.

Figura 24

Orden Diligenciada Manualmente

PROVIDENCIA		MANTENIMIENTO PREVENTIVO FABRICA		ORDEN No.96772077
MIF 001.000.238 0		PMF2		
AP. RUTA INSPECCION FLUJO. CONSUMOS				
Mantenimiento programado				
Fecha orden: 19-JUL-2024	Fecha Inicio: 12-AGO-2024	Fecha fin: 12-AGO-2024		
EQUIPO : FP90090031 FLUJOMETROS CONSUMO AGUA FABRICA				
Ubicación Técnica: CAUDALIMETRO SISTEMA DE AGUA FABRICA Prior: 3 medio/				
Area: GESTION AMBIENTAL - 3080132132 Ind ABC: L Equi Importante-baja				
Area Emp: 220 POZOS Stat Ord: LIB. KKMP NLIQ PREC				
Plan mtto: 55880 130148 Frecuencia: 28 DIA AP. RUTA INSPECCION FLUJO. CON				
Responsable:F11 JEFE INSTRUMENTAC CORDOBA HAROLD				
Estado Externo Fabr:FLUJOMETROS			Estado Interno	
AGUA EN LA FABRICA Y UNO DE LA DESTILER				
- INTERVENCION A REALIZAR Nro Pers 1a Oper: 00000000				
ORDEN	CLAVE MONED	SUBSE TRABAJO	DETALLE	
0010		FA150800	PP. INSPECCION FLUJOMETROS FABRICA ----- COORDINAR CON OPERACION REVISION DEL EQUIPO, SIN QUE AFECTE EL PROCESO. INFORMAR AL SUPERVISOR SOBRE LOS INCONVENIENTES PARA ELABORAR LAS RESPECTIVAS ORDENES DE MANTENIMIENTO. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO: 1. REALIZAR LIMPIEZA Y VERIFICACIÓN DEL TRANSMISOR DE FLUJO. 2. PRESENTA ALGUNA ALARMA O FALLA?, SI ES ASI REGISTRE EL CODIGO DE FALLA EN LAS OBSERVACIONES. 3. VERIFICAR ESTADO DEL TUBO SENSOR, CONEXIONES DE PUESTA A TIERRA, ALIMENTACION Y SEÑAL. 4. REGISTRAR MEDIDA DE FLUJO INSTANTANEO Y FLUJO TOTALIZADO. EQUIPOS INTERVENIDOS: CUMPLE NO CUMPLE -FT FLUJO CONSUMO AGUA ASESOS ELABORACION [] [] FLUJO INSTANTANEO: <u>36 m³/h</u> FLUJO TOTALIZADO: <u>463889,7 m³</u> ----- -FT FLUJO CONSUMO SAN ANTONIO A FABRICA [] [] FLUJO INSTANTANEO: 0 FLUJO TOTALIZADO: <u>19224,6 m³</u>	
INTERVENCION REALIZADA (Describir actividades)				
Orden	Ficha	Fecha	Horas	Texto de Notificación
	02268	08/11/19	2,1	- Se realizó agua externo 7 verifica caudal de flujo, que como elaboración con un solo for, caudales de baja, agua fría metidos, control del cal, caudal 4, zona paselera-basturica. se verifica

Nota. Adaptado de orden impresa del módulo de mantenimiento de SAP.

Figura 25*Informe de Mantenimiento Realizado en SDM*

Resumen de mantenimiento:

Equipo	Resultado
FIT consumo agua aseos elaboración m3/h	16.69
FIT consumo agua aseos elaboración m3	563117.1
FIT consumo san antonio a fábrica m3/h	0
FIT consumo san antonio a fábrica m3	30727.07
FIT consumo agua calderas baja m3/h	4.12
FIT consumo agua calderas baja m3	53174.67
FIT agua fría consumo molinos m3/h	3.62
FIT agua fría consumo molinos m3	105516.6
FIT agua estación cal m3/h	0
FIT agua estación cal m3	5050.54
FIT agua caldera No.4 m3/h	4.17
FIT agua caldera No.4 m3	46832.95
FIT agua pozo pesebrera-destilería m3/h	114.47
FIT agua pozo pesebrera-destilería m3	372018.5
FIT agua pozo 2604 m3/h	406.04
FIT agua pozo 2604 m3	658223.8

Observaciones:

No hay observaciones.

Técnico:

David Obando 80004345

Nota. Autoría propia.

Se puede observar en la figura 25, que la información es más clara y concisa, al tener predeterminadas las unidades, ítems y datos claves de mantenimiento, no se presentan errores en la información, además el corrector de ortografía también ayuda a corregir cualquier anomalía a la hora que el técnico pueda digitar las observaciones pertinentes.



Presentación de la Información

También existe una mejora sustancial en la presentación de los informes de mantenimiento, al aplicar la norma ISO 14224, se aplican estándares internacionales y se pueden tener puntos clave para el análisis de indicadores de mantenimiento de una planta.

En la figura 26 se puede observar que es un archivo completamente digital, se deja a un lado los documentos escaneados con poca visibilidad, manchas u otros aspectos que degradan la presentación de un informe, además que es más accesible para el planeador realizar informes más complejos realizando copia de la información, con texto y tablas con el resumen de la información.

Figura 26

Informe Digital

Nombre	Estado	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
 24247632 CALENTADOR PLACAS JUGO C...		01/11/2024 7:21	Documento PDF	35 KB
 24247634 EVAPORADOR 2D.		28/10/2024 21:45	Documento PDF	42 KB
 96780029 TOLVA DE CENIZA #1		26/10/2024 9:36	Documento PDF	35 KB
 96780030 COMPRESOR KAESER CSD-1...		26/10/2024 9:59	Documento PDF	38 KB
 96780031 COMPRESOR KAESER DSG-1...		26/10/2024 9:59	Documento PDF	38 KB

PROVIDENCIA MANTENIMIENTO PREVENTIVO ORDEN No.: 24247632

INFORME DE MANTENIMIENTO

Fecha de ejecución: 2024-10-29

Registro de mantenimiento: AL INSTRUMEN CALENTADORES GEA - SONDEX

Registro de falla: No registra

Equipo: FP923873

Denominación: CALENTADOR PLACAS JUGO CLARO GEA

Ubicación técnica: FABRICA

Categoría mantenimiento: Preventivo

Prioridad mantenimiento: MEDIA

Intervalo de mantenimiento: 90 días

Actividad mantenimiento: Prueba e inspección.

Tiempo de mantenimiento/downtime: 2 horas

Hoja de ruta:

PP. Instrumentacion calntadores GEA y SONDEX

Coordinar con operación revisión del equipo, sin que afecte el proceso. Informar al supervisor sobre los inconvenientes para elaborar las respectivas ordenes de mantenimiento.

Procedimiento de mantenimiento:

1. Realizar inspección y asco externo de los equipos de instrumentación.
 2. Realizar limpieza y verificación de electroválvula y confirmador posición.
 3. Verificación y ajuste de tornillos de actuador, volante y confirmación.
 4. Probar recorrido cierre-apertura de valvulas desde cuarto de control.
 5. Si se observa una anomalía en los equipos reportar al ingeniero para ejecutar acciones correctivas.
- Al ejecutar labores de mantenimiento realizar un inventario de herramientas y repuestos antes y después de finalizada la labor.
 - Una vez terminado el mantenimiento, entregar al responsable de la operación el equipo disponible.
 - Los residuos generados durante el mantenimiento, recogerlos y depositarlos en los respectivos sitios de acopio.
 - En caso de presentarse derrame de sustancias ejecutar el respectivo ponds: 8-PR-33-008
- Nota: utilizar los elementos de protección personal, diligenciar los formatos y normas de seguridad de acuerdo a los requerimientos de la empresa.

Nota. Autoría propia.

Eficiencia Operativa

Para las pruebas del aplicativo se realizaron la ejecución de una muestra de 40 órdenes de mantenimiento preventivas del mes de las áreas de instrumentación y automatización, comparando los tiempos que conllevan realizar todo el proceso de ejecución y realimentación con el procedimiento convencional manual versus usando el aplicativo web SDM, los datos se pueden observar en la siguiente tabla 5:

Tabla 5

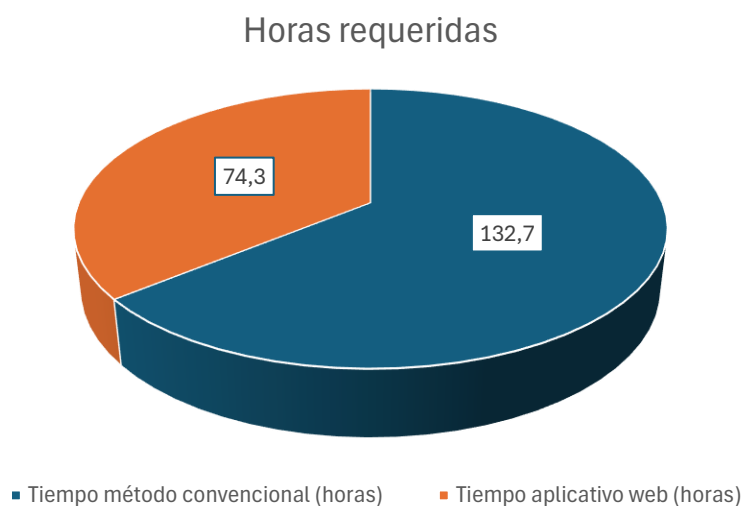
Comparativo Tiempo de Ejecución de los Métodos Manual vs. Aplicativo

Actividad	Tiempo método convencional (horas)	Tiempo aplicativo web (horas)
Entrega ordenes	2	0,25
Ejecución	80	73,3
Entrega informes	48	0,03
Realimentación SAP	2,7	0,7
Total	132,7	74,3

Nota. Datos obtenidos en el conteo de ordenes mensuales ejecutadas por las áreas de instrumentación y automatización.

Figura 27

Horas de Ejecución de 40 Órdenes de Mantenimiento



Nota. Autoría propia.

En la figura 27, se puede observar que se reduce el tiempo en 58,4 horas, lo que representa una reducción total del 44 % para la ejecución de las ordenes preventivas, lo cual es una mejora sustancial en la eficiencia operativa de las áreas de mantenimiento y planificación.

Disminución de Costos

En otras áreas de la fábrica como lo son logística y recepción de materia prima, existen unas tablets que tiene unas licencias Liquid que integran las funcionales SAP en dispositivos móviles. En este caso para efectos de analizar los costos de la implementación del aplicativo, se compara cual sería el costo de implementar la notificación digital de ordenes por medio de Liquid y los gastos de oficina anualmente, respecto a la inversión en el aplicativo web, tal como se puede observar en la tabla 6:

Tabla 6

Costos Anualidades Liquid, Gastos Oficina y Aplicativo Web

Ítem (anual)	Costo
Licencia Liquid SAP + conexión	\$8.000.000
Gastos papelería y elementos oficina	\$73.000
Aplicativo web	\$132.000

Nota. Valores estimados de información recolectada en la compañía y costo del servicio web.

El costo anual del aplicativo web es de \$132.000 por lo que, al compararlo con las licencias Liquid en SAP y los gastos de oficina, la compañía se está ahorrando aproximadamente \$7.940.500. Cabe mencionar, que es este valor de licencia Liquid es por cada Tablet, por lo que solo puede ser usado en un solo dispositivo a la vez, mientras el aplicativo puede ser usado desde múltiples dispositivos móviles y de escritorio sin restricción alguna.

Esto puede inferir, que el aplicativo web es una opción muy viable económicamente, funcional y de fácil acceso para el usuario final.

*Disminución de Impacto Ambiental***Tabla 7***Cálculo de Estimaciones de Impacto Ambiental*

Concepto	Cantidad
Tipo de papel	Papel libre sin recubrimiento
Cantidad	960 hojas * 5 gramos=9,6 libras
Reciclado	0%
Peso en toneladas	0.02 toneladas cortas de EE. UU.
Energía total	0.1 millones de BTU
Emisiones de CO ₂ equivalente	86.3 libras
Consumo de agua	103 galones
Nitrógeno (N ₂)	5.7 libras
Óxidos de nitrógeno (NO _x)	4.7 O equivalente/m ³
Energía comprada	0.07 millones de BTU
Material particulado (PM 2.5)	1.5 PM equivalente/m ³
Dióxido de azufre (SO ₂)	0.04 libras
Compuestos orgánicos volátiles (VOCs)	0.001 libras
Azufre total reducido (TRS)	0.001 libras
Contaminantes del aire peligrosos (HAPs)	0.008 libras
Demanda química de oxígeno (COD)	0.09 libras
Demanda bioquímica de oxígeno (BOD)	0.04 libras
Sólidos suspendidos totales (TSS)	0.08 libras
Perturbación del bosque	0.002 acres
Especies amenazadas	9 especies
Acidificación oceánica	14.4 libras H ₂ CO ₃
Emisiones de mercurio	0.2 miligramos
Emisiones de dioxinas	15.3 microgramos

Nota: Las estimaciones del impacto ambiental se realizaron utilizando la Calculadora de papel (Paper Calculator 4.0 | Environmental Paper Network, s.f).

En la tabla 7, se pueden observar las estimaciones del impacto ambiental teniendo en cuenta un promedio mensual de 40 órdenes, que para los cálculos se tiene en cuenta un peso de 9,6 libras al año. Este un resultado que vale la pena recalcar, ya que, al reducir el uso de papel para las impresiones de las ordenes, se está aportando a la compañía en alcanzar los objetivos de desarrollo sostenibles.

Satisfacción del Usuario

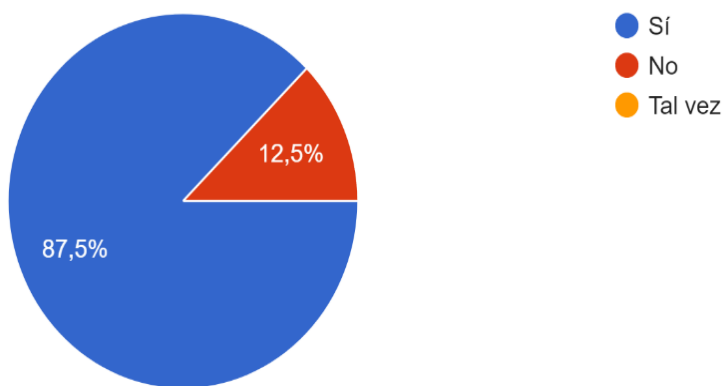
Es un aspecto importante evaluar la interacción del técnico de mantenimiento con el aplicativo web, si se desea lograr la eficiencia operativa y el impacto positivo en el recurso humano de las áreas involucradas.

Por consiguiente, se desarrolló una encuesta para determinar el nivel de satisfacción y las mejoras que debería tener el aplicativo.

- ¿Siente que el aplicativo mejora la ejecución de informes de mantenimiento?

Figura 28

Nivel Satisfacción de Informes de Mantenimiento



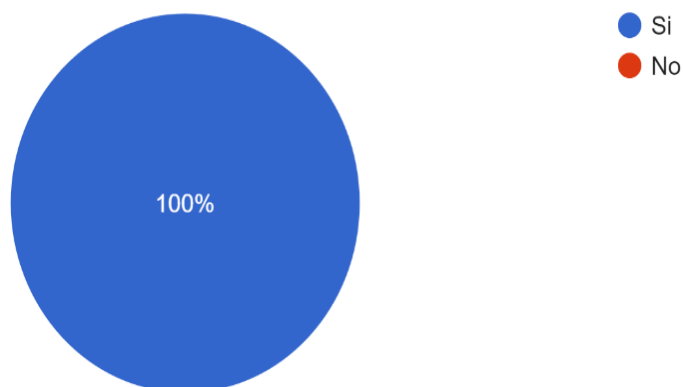
Nota. Adaptado de formulario propio diseñado en Google Forms.

En la figura 28, se puede concluir que el 87,5% de los técnicos sienten que el aplicativo mejora la ejecución de las ordenes de mantenimiento.

- ¿El aplicativo es comprensible y de fácil acceso?

Figura 29

Acceso al Aplicativo



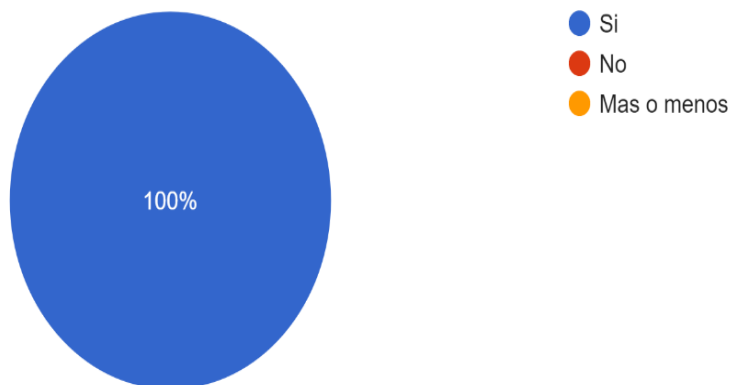
Nota. Adaptado de formulario propio diseñado en Google Forms.

En la figura 29, se observa como todos los técnicos indican que el aplicativo es muy intuitivo y de fácil acceso, lo que indica que la interfaz y el menú está bien diseñado para la ejecución de las actividades.

- ¿El tiempo de repuesta del aplicativo es rápido?

Figura 30

Tiempo Respuesta del Aplicativo



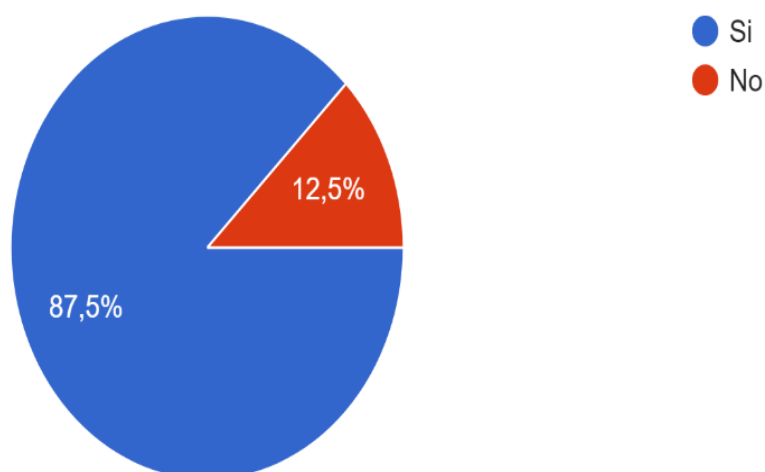
Nota. Adaptado de formulario propio diseñado en Google Forms.

En la figura 30, todos los encuestados indican que el aplicativo tiene un tiempo de respuesta rápido, lo que indica un tiempo de latencia muy acorde a una página web.

- ¿Siente que el aplicativo ahorra tiempo y disminuye reprocesos?

Figura 31

Ahorro de Tiempo y Disminución de Reprocesos



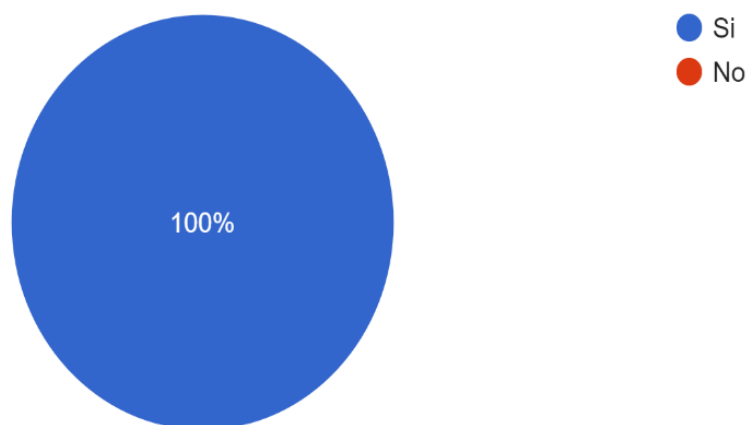
Nota. Adaptado de formulario propio diseñado en Google Forms.

La figura 31, indica que el 87,5 % está de acuerdo que el aplicativo les ayuda a ahorrar tiempo y también aporta en la disminución de reprocesos.

- ¿Esta de acuerdo con el uso de una norma ISO para la generación de los informes?

Figura 32

Uso de una Norma ISO en la Generación de los Informes



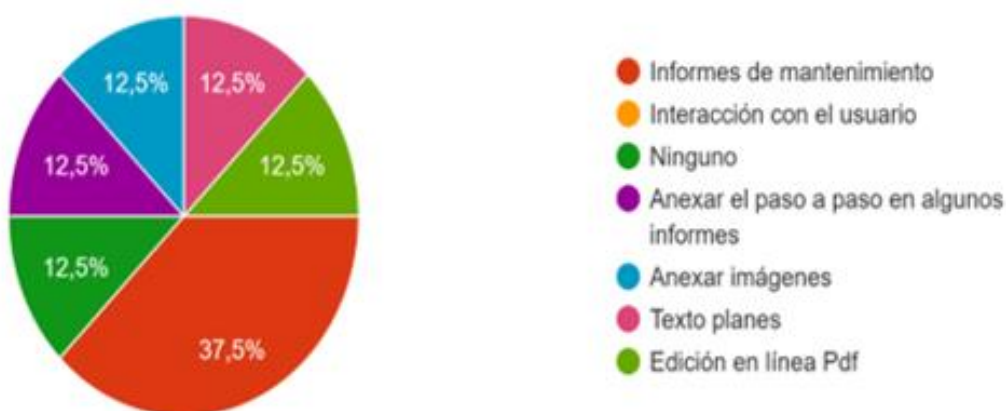
Nota. Adaptado de formulario propio diseñado en Google Forms.

En la figura 32, se observa que todos los técnicos aseguran que están totalmente de acuerdo que se adopten normas internacionales para las pautas en los informes de mantenimiento.

- ¿Que aspecto mejoraría en el aplicativo?

Figura 33

Mejoras en el Aplicativo



Nota. Adaptado de formulario propio diseñado en Google Forms.

En la figura 33, se observa que el 37,5% de los técnicos sugieren mejora en el contenido de los informes de mantenimiento, algo que se relaciona más a las hojas de rutas de los planes que se plasman en el aplicativo que vienen desde SAP. También sugieren mejoras en anexar el paso a paso en algunos informes, permitir también anexar imágenes, el texto explicativo en planes y la edición en línea de los archivos pdf con el 12,5% cada uno.

El 12,5% restante no sugiere alguna mejora significativa en el aplicativo, piensan que cumple con los requerimientos de las áreas.

Conclusión

Se puede concluir que La implementación de una aplicación web para la gestión documental de mantenimiento en el Ingenio Providencia, basada en la norma ISO 14224:2016, ha demostrado ser una solución eficiente para optimizar los procesos de mantenimiento en las áreas de automatización e instrumentación. Este desarrollo no solo facilita la recolección y documentación precisa de la información técnica de los equipos, sino que también contribuye a la estandarización de los procedimientos, la mejora de la calidad y presentación de los datos y la reducción del impacto ambiental mediante la eliminación del uso de papel.

La integración de esta herramienta digital con el software ERP (SAP módulo PM) ha permitido una gestión más eficiente de las órdenes de mantenimiento, optimizando la comunicación entre el personal de planificación y los técnicos. Además, la aplicación ha mejorado la trazabilidad y disponibilidad de la información, asegurando que toda la información necesaria para las actividades de mantenimiento esté accesible en tiempo real, lo que finalmente refleja una reducción en procesos innecesarios y tiempo para la ejecución de las ordenes de las áreas involucradas.

El impacto de esta transformación digital se denota en la mejora de la gestión de mantenimiento y en una mayor competitividad para la compañía, al cumplir con los estándares internacionales de calidad y gestión ambiental. Su bajo costo de implementación lo hace una opción muy viable económicamente, además de las múltiples funciones multiusuario que tiene. Por lo tanto, este proyecto tecnológico constituye un paso clave hacia la modernización y la mejora continua del proceso de mantenimiento en el Ingenio Providencia, contribuyendo a la sostenibilidad operativa y ambiental de la empresa.

Recomendaciones

Se recomienda que todo el personal involucrado en la ejecución de las ordenes por medio del aplicativo tenga una capacitación para conocer la forma de acceso, menús y el diligenciamiento de los informes y así, evitar algún error al momento de usar la herramienta.

También monitorear regularmente el alojamiento web para verificar las condiciones operativas, como los son el ancho de banda, uso de memoria y el web email.

Referencias Bibliográficas

- Celi-Párraga, R. J., Boné-Andrade, M. F., & Mora Olivero, A. P. (2023). Programación Web del Frontend al Backend. Editorial Grupo AEA. <https://doi.org/10.55813/egaea.1.2022.18>
- Environmental Paper Network. (s. f.). *Paper Calculator 4.0*. Recuperado el 11 de mayo de 2025, de <https://calculator.environmentalpaper.org/>
- Erickson, J. (2024, 29 de agosto). *¿Qué es MySQL?* Oracle. <https://www.oracle.com/co/mysql/what-is-mysql/>
- Gutiérrez, R. (28 de abril de 2022). *Módulos de SAP, ¿cuáles son y qué función tienen?* Genesys global. <https://www.genesys-global.com/modulos-sap/>
- Hoyos Menor, M. D., & Tocto Roman, M. (2022). Programa mantenimiento productivo total basado en el iso 14224 para maximizar la productividad en el área de mantenimiento eléctrico. [Universidad Cesar Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/114439/Hoyos_MMD-Tocto_RM-SD.pdf?sequence=1
- IBM. (s.f.). *Gestión de activos empresariales con IBM Maximo Application Suite*. Recuperado el 29 de agosto 2024. <https://www.ibm.com/es-es/products/maximo/asset-management>
- International Organization for Standardization. (2016). *ISO 14224:2016 - Industrias de petróleo, petroquímica y gas natural, recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos*. https://www.academia.edu/44518114/ISO_14224_espa%C3%B1ol
- IPM-X. (s.f.). *Software IPM-X*. Recuperado el 29 de agosto 2024. <https://tinyurl.com/29ec47eg>
- Latinoamérica Hosting. (s.f.). *¿Quiénes somos?* Recuperado el 29 de agosto 2024. <https://www.latinoamericahosting.com.co/quienes-somos/>

Liquid UI. (s.f). *¿Por qué Liquid UI?* Recuperado el 11 de noviembre 2024. <https://www.liquid-ui.com/products/home>

Predictiva21. (2 de julio de 2023). *Norma ISO 14224: aprende de esta norma esencial.*
<https://predictiva21.com/iso-14224/>

Rockwell Automation. (s.f). *Software CMMS Fiix.* Recuperado el 29 de agosto 2024.
<https://tinyurl.com/29ajtmro>

SAP. (s.f). *Gestión de activos empresariales (EAM).* Recuperado el 29 de agosto 2024.
<https://www.sap.com/products/scm/asset-management-eam.html>

Upkeep. (s.f). *CMMS número uno utilizado por los equipos de mantenimiento y confiabilidad.*
Recuperado el 29 de agosto 2024. <https://upkeep.com/es/>

Visual Studio (s.f). *Visual Studio: IDE y editor de código para desarrolladores de software y Teams.* Recuperado el 29 de agosto 2024. <https://visualstudio.microsoft.com/es/>

Apéndices

Apéndice A

Código HTML del Index

```

<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
  <link rel="icon" href="favicon.ico" type="image/x-icon">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
  <meta charset="UTF-8">

  <!-- Encabezado y estilos css -->
  <style>
    body {
      font-family: Segoe;
      font-size: 16px;
      color: white;
      background: linear-gradient(rgba(0, 0, 0, 0.5), rgba(0, 0, 0, 0.5)),
url("fondo.jpg");
      background-size: cover;
      background-position: center;
      background-attachment: fixed;
      display: flex; /* Convertir el cuerpo en flexbox */
      flex-direction: column; /* Alinear elementos en columna */
      align-items: center; /* Centrar elementos horizontalmente */
      min-height: 100vh;
      margin: 0;
    }
    h1, h2 {
      text-align: center;
      font-weight: bold; /* Establecer el grosor del texto como negrita */
      margin-bottom: 10px;
    }
  /*estilos logo*/
  .container {
    position: relative; /* Cambiar a posición relativa para contener los
elementos internos */
    display: flex; /* Convertir el contenedor en flexbox */
    flex-direction: column; /* Alinear elementos en columna */
    align-items: center; /* Centrar elementos horizontalmente */
    text-align: center; /* Centrar el contenido del contenedor horizontalmente
*/
  }

```

```

/*Borde logo*/
.blur-border {
  position: relative;
  top: 0;
  left: 0;
  width: 100%;
  height: 100%;
  border-radius: 10px;
  background-size: cover;
  z-index: -1;
}

img {
  display: block;
  max-width: 100%;
  height: auto;
  border-radius: 10px;
  margin-top: 20px;
  width: 300px; /* Ajustar el ancho del formulario */
}

.login-form {
  background-color: white; /* Establecer el fondo blanco para el formulario
*/
  padding: 20px;
  border-radius: 10px;
  width: 300px; /* Ajustar el ancho del formulario */
  margin: auto; /* Centrar el formulario horizontalmente */
}

/* Estilos para el formulario */
form {
  display: flex;
  flex-direction: column;
  align-items: center;
  color: gray;
}

label {
  margin-bottom: 5px;
}

input[type="text"],

```

```

input[type="password"] {
    color:gray;
    width: 250px;
    padding: 5px;
    margin-bottom: 10px;
}

input[type="submit"] {
    padding: 10px 20px;
    background-color: #4CAF50;
    color: white;
    border: none;
    border-radius: 5px;
    cursor: pointer;
}

input[type="submit"]:hover {
    background-color: #45a049;
}
</style>
</head>
<body>
<div class="container">
<div class="blur-border"></div>

<h1>Bienvenido al Sistema Documental de Mantenimiento SDM</h1>
<h2>Digite el usuario y contraseña</h2><br>
<div class="login-form">
<script>
    // Función para obtener el valor de un parámetro de consulta de la URL
    function getParameterByName(name, url) {
        if (!url) url = window.location.href;
        name = name.replace(/[^\w]/g, '\\$&');
        var regex = new RegExp('[?&]' + name + '=(^[^&#]*)|&|#|$)',
            results = regex.exec(url);
        if (!results) return null;
        if (!results[2]) return '';
        return decodeURIComponent(results[2].replace(/\+/g, ' '));
    }

    // Obtener el valor del parámetro "error" de la URL
    var error = getParameterByName('error');

    // Si el parámetro "error" es "1", mostrar el mensaje de error
    if (error === '1') {

```

```
        var errorMessage = "Credenciales incorrectas. Por favor, inténtalo  
nuevamente.";
        var errorElement = document.createElement('p');
        errorElement.style.color = 'red';
        errorElement.textContent = errorMessage;
        document.querySelector('.login-form').appendChild(errorElement);
    }
</script>
<form action="login.php" method="post">
    <label for="username">Usuario:</label>
    <input type="text" id="username" name="username" required><br>
    <label for="password">Contraseña:</label>
    <input type="password" id="password" name="password" required><br>
    <input type="submit" value="Iniciar sesión">
</form>
</div>
</div>
</body>
</html>
```

Apéndice B

Código HTML de Página Menús Despegables

```

<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
  <!-- Aplico responsive-->
  <link rel="icon" href="favicon.ico" type="image/x-icon">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
  <meta charset="UTF-8">

  <title>SDM</title>
  <style>

body {
  font-family: 'Segoe UI', Tahoma, Geneva, Verdana, sans-serif;
  font-size: 16px;
  color: white;
  background-color: #00cd2c22;

}
h1 {
  text-align: center;
  font-weight: bold;
  color:gray;
  position: relative;
  justify-content: center;
}
  /*estilos logo*/
  .container {
  position: relative; /* Cambiar a posición relativa para contener los elementos
internos */
  display: flex; /* Convertir el contenedor en flexbox */
  flex-direction: column; /* Alinear elementos en columna */
  align-items: center; /* Centrar elementos horizontalmente */
  }

  img {
  display: block;
  max-width: 100%;
  height: auto;
  margin-top: 2px;
  border-radius: 10px;
  }

```

```

    /*Lista despegable*/
/* Estilo para el menú principal */
.dropdown {
  display: inline-block;
  position: relative;
  justify-content: center;
  width: 150px; /* Ajusta el ancho según tus necesidades */
  align-items: center; /* Centrar elementos horizontalmente */
}

.dropdown-content {
  display: none; /* Inicialmente oculta el menú desplegable */
  position: relative;
  width: 100%;
  box-shadow: 0px 1px 1px 0px rgba(0,0,0,0.4);
  background-color: #00cd2c22;
  justify-content: center;
  z-index: 1;
  border-radius: 10px;
}

.dropdown:hover .dropdown-content {
  display: block;
}

/*despliegue de menu*/
.dropdown-content a {
  display: block;
  color: #413c3cbc;
  padding: 10px; /* Aumenta el espacio de relleno para un mejor aspecto */
  text-decoration: none;
  align-items: center; /* Centrar elementos horizontalmente */
  border-radius: 10px;
}

.dropdown-content a:hover {
  background-color: #00cd2ca8;
}

/*boton menu*/
button{
  background-color: #4CAF50;

```



```

    color:whitesmoke;
    font-weight: bold;
    padding: 10px 20px; /* Ajusta el relleno según sea necesario */
    border: none;
    border-radius: 5px; /* Bordes redondeados */
    cursor: pointer;
    font-size: 16px; /* Ajusta el tamaño de fuente según sea necesario */
    /*Centrar botones*/
    justify-content: center;
    display: block;
    margin: 0px 20px; /* Centra horizontalmente con márgenes automáticos */
}

button:hover {
    background-color: #00800067; /* Verde un poco más claro al pasar el ratón */
}

.button-container {
    display: flex; /* mostrar los botones en una fila */
    flex-direction: row;
    justify-content: center; /* botones horizontalmente */
}

/* Estilos adicionales para los botones si es necesario */
.button-container .dropdown {
    margin: 0 1px; /* Ajusta el espacio entre los botones */
}

/* Para la barra estatica superior */
.title-bar {
    background-color: #4CAF50;
    color: white;
    padding: 50px 0;
    position: absolute; /* Hacer que la barra de título sea fija en la parte superior
*/
    left: 0;
    width: 100%;
    animation: colorChange 5s infinite;
}

@keyframes colorChange {
    0% {
        background-color: #00ff00a8; /* Green */
    }
    20% {

```

```

        background-color: #33CC33; /* Light Green */
    }
    40% {
        background-color: #66CC66; /* Medium Green */
    }
    60% {
        background-color: #99CC99; /* Dark Green */
    }
    80% {
        background-color: #CCFFCC; /* Lighter Green */
    }
    100% {
        background-color: #00ff0065; /* Back to Green */
    }
}
.form-container {
    margin-top: 100px;
}

@media (max-width: 750px) {
    button{
        width: 98%; /*Ajuste a la pantalla del celular*/
    }
}

</style>
</head>
<body>
    <div class="title-bar"></div>
    <div class="container">
        <br>
        
    </div>
    <h1>Sistema documental de mantenimiento SDM</h1>

    <div class="button-container">
        <div class="dropdown">
            <button>Ordenes</button>
            <div class="dropdown-content">
                <a href="ord.html">Listado</a>
            </div>
        </div>

        <div class="dropdown">

```

```
<button>Norma</button>
<div class="dropdown-content">
  <a href="norma.html">Norma ISO 14224</a>
</div>
</div>

</body>
</html>
```

Apéndice C

Código HTML de un Formulario de Mantenimiento

```

<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
  <!-- Responsive-->
  <link rel="icon" href="../favicon.ico" type="image/x-icon">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0, user-
scalable=no">
  <meta charset="UTF-8">
  <link rel="stylesheet" type="text/css" href="../formulario.css">
  <title>Informe de mantenimiento</title>

  <!--No permite seleccionar dos checkbox a la misma vez-->
  <script>
    function toggleCheckbox(checkbox) {
      const checkboxes = document.getElementsByName(checkbox.name);
      checkboxes.forEach((cb) => {
        if (cb !== checkbox) {
          cb.checked = false;
        }
      });
    }

    //Validar si se seleccionan todos los checkbox
    function validarFormulario(event) {
      let faltan = [];

      // Genera los nombres de los grupos dinamicamente, modificar segun la cantidad
      maxima de resultados.
      for (let i = 1; i <= 10; i++) {
        const nombre = "resultado" + i;

        // Obtener todos los elementos con ese nombre
        const elementos = document.getElementsByName(nombre);

        // Verificar solo los checkboxes
        const checks = Array.from(elementos).filter(el => el.type === 'checkbox');

        // Si no hay ninguno marcado, agregar a la lista de faltantes
        const algunoMarcado = checks.some(chk => chk.checked);

        if (!algunoMarcado && checks.length > 0) {

```

```

    faltan.push(nombre + " (checkbox)");
}
}

// Si faltan campos de checkbox, mostrar alerta y evitar generar el pdf
if (faltan.length > 0) {
    alert("Falta seleccionar algun campo seleccion multiple:\n" +
faltan.join("\n"));
    return false; // Evita el envío del formulario
}

return true; // generar pdf si todo esta diligenciado
}

// Asignar la validacion al formulario
window.onload = function () {
    document.querySelector("form").onsubmit = function (event) {
        return validarFormulario(event);
    };
};
</script>

</head>
<body>
    <div class="title-bar">
<h2 style="text-align: center;">Bascula de jugo</h2>
</div><br><br><br><br>
    <form onsubmit="return validarFormulario()" action="bascjugo.php" method="post"
enctype="multipart/form-data">

        <label for="fecha">Fecha de ejecución:</label>
        <input type="date" id="fecha" name="fecha" required>

<label for="orden">Número de orden:</label>
        <input type="text" id="orden" name="orden" style="width: 30%">
        <button type="button" onclick="fetchData()">Buscar</button>

<!--Datos encontrados en la base mysql-->
<label for="plan">Plan:</label>
<input type="text" id="plan" name="plan" required>

<label for="descripcion">Descripción plan:</label>
<input type="text" id="descripcion" name="descripcion" required>

<label for="equipo">Identificación de equipo:</label>

```

```

<input type="text" id="equipo" name="equipo" required>

<label for="denominacion">Denominación de equipo:</label>
<input type="text" id="denominacion" name="denominacion" required>

<label for="ubicacion">Ubicación técnica:</label>
<input type="text" id="ubicacion" name="ubicacion" required>

<label for="frecuencia">Frecuencia mantenimiento (días):</label>
<input type="text" id="frecuencia" name="frecuencia" required>

<label for="criticidad">Criticidad:</label>
<input type="text" id="criticidad" name="criticidad" required>

<input type="hidden" id="ptrabajo" name="ptrabajo">

<!--Hoja de ruta de cada equipo-->
<p>Procedimiento de mantenimiento:</p>
<p>1. Inspeccionar y asear manyfold, verificar estado de conexiones neumáticas y
electricas.</p>
<p>2. Accionar conjuntamente con operador desde DCS apertura/cierre de valvulas
automaticas, comprobar localmente.</p>
<p>3. Comprobar cierre hermetico de tanques pesadores 1 y 2 con agua.</p>
<p>4. Inspeccionar elementos y conexiones nuematicas en actuadores.</p>
<p>5. Registrar en operación lectura de peso de cada tanque pesador, lleno y
vacío.</p>
<!--Tabla de items-->
<p><b>Tabla de Equipos:</b></p>
<table>
  <tr>
    <th>Equipo</th>
    <th>Cumple</th>
    <th>No cumple</th>
  </tr>
  <tr>
    <td>WV valv. alimentacion tanque pesador 1</td>
    <td><input type="checkbox" name="resultado1" value="cumple"
onclick="toggleCheckbox(this)"></td>
    <td><input type="checkbox" name="resultado1" value="no cumple"
onclick="toggleCheckbox(this)"></td>
  </tr>
  <tr>
    <td>WV valv. descarga tanque pesador 1</td>
    <td><input type="checkbox" name="resultado2" value="cumple"
onclick="toggleCheckbox(this)"></td>

```

```

        <td><input type="checkbox" name="resultado2" value="no cumple"
onclick="toggleCheckbox(this)"></td>
    </tr>
    <tr>
        <td>WV valv. alimentacion tanque pesador 2</td>
        <td><input type="checkbox" name="resultado3" value="cumple"
onclick="toggleCheckbox(this)"></td>
        <td><input type="checkbox" name="resultado3" value="no cumple"
onclick="toggleCheckbox(this)"></td>
    </tr>
    <tr>
        <td>WV valv. descarga tanque pesador 2</td>
        <td><input type="checkbox" name="resultado4" value="cumple"
onclick="toggleCheckbox(this)"></td>
        <td><input type="checkbox" name="resultado4" value="no cumple"
onclick="toggleCheckbox(this)"></td>
    </tr>
    <tr>
        <td>Manyfold bascula</td>
        <td><input type="checkbox" name="resultado5" value="cumple"
onclick="toggleCheckbox(this)"></td>
        <td><input type="checkbox" name="resultado5" value="no cumple"
onclick="toggleCheckbox(this)"></td>
    </tr>
    <tr>
        <td>Sensor de desborde</td>
        <td><input type="checkbox" name="resultado6" value="cumple"
onclick="toggleCheckbox(this)"></td>
        <td><input type="checkbox" name="resultado6" value="no cumple"
onclick="toggleCheckbox(this)"></td>
</table>
<p><b>Resultados lectura pesos</b></p>
    <table>
        <tr>
            <th>Parametro</th>
            <th>LLeno</th>
            <th>Tara</th>
        </tr>
        <tr>
            <td>Tanque bascula No. 1 (kg)</td>
            <td><input type="text" name="resultado7" required></td>
            <td><input type="text" name="resultado8" required></td>
        </tr>
    </table>

```

```

        <td>Tanque bascula No. 2 (kg)</td>
        <td><input type="text" name="resultado9" required></td>
        <td><input type="text" name="resultado10" required></td>
    </tr>
</table>
<br>

    <!--Anexo texto -->
    <label for="observaciones">Observaciones adicionales:</label><br>
    <textarea id="observaciones" name="observaciones" required rows="20"
cols="45"></textarea><br><br>

    <!--Anexar imágenes-->
    <label for="imagenes">Anexo de imagenes:</label>
    <input type="file" id="imagenes" name="imagenes[]" accept="image/*" multiple><br>

    <!--Tiempo-->
    <label for="tiempo">Tiempo ejecución (horas):</label>
    <input type="text" id="tiempo" name="tiempo" required><br>

    <!--Tecnico-->
    <label for="tecnico">Técnico responsable:</label>
    <input type="text" id="tecnico" name="tecnico" required><br>
    <label for="ficha">Ficha:</label>
    <input type="text" id="ficha" name="ficha" required><br><br>

    <!--Generar y enviar pdf-->
    <button type="submit">Generar PDF</button>

</form>

    <!--Codigo Java Script para obtener orden-->
    <script>
        window.onload = function () {
            const ordenValue = getParameterByName('orden');
            // Utiliza el valor de "orden" según sea necesario en tu formulario
            document.getElementById('orden').value = ordenValue;
        };

        // Función para obtener el valor de orden en la URL
        function getParameterByName(name, url) {
            if (!url) url = window.location.href;
            name = name.replace(/[\\]/g, "\\$&");
            const regex = new RegExp("[?&]" + name + "(=([^&#]*)|&#|$)"),

```



```

        results = regex.exec(url);
    if (!results) return null;
    if (!results[2]) return '';
    return decodeURIComponent(results[2].replace(/\+/g, " "));
}

//busqueda de datos de la orden seleccionada
async function fetchData() {
    const orden = document.getElementById('orden').value;
    const response = await fetch('../ordenes.php', {
        method: 'POST',
        headers: {
            'Content-Type': 'application/x-www-form-urlencoded'
        },
        body: `orden=${orden}`
    });
    const data = await response.json();
    if (data.error) {
        console.error(data.error);
    } else {
        // Mostrar los resultados en los campos de texto en el HTML
        document.getElementById('plan').value = data.Plan;
        document.getElementById('descripcion').value = data.Descripcion;
        document.getElementById('equipo').value = data.Equipo;
        document.getElementById('denominacion').value = data.Denominacion;
        document.getElementById('frecuencia').value = data.Frecuencia;
        document.getElementById('criticidad').value = data.Criticidad;
        document.getElementById('ubicacion').value = data.Ubicacion;
        document.getElementById('ptrabajo').value = data.Ptrabajo;
    }
}
</script>

</body>
</html>

```

Apéndice D

Código PHP de un Formulario de Mantenimiento

```

<?php
require_once __DIR__ . '/../vendor/autoload.php';
include 'direccion.php';

use Dompdf\Dompdf;
use PHPMailer\PHPMailer\PHPMailer;
use PHPMailer\PHPMailer\Exception;

$imageURL = '../logo_prov.jpg'; //logo
$imagenBase64 = "data:image/jpeg;base64," .
base64_encode(file_get_contents($imageURL));
$options = new \Dompdf\Options();

//variables de impresion
if ($_SERVER['REQUEST_METHOD'] === 'POST') {
    $fecha = date("Y/m/d"); //formato año, mes y dia registro tipo Date en Mysql
    $orden = htmlspecialchars($_POST['orden']);
    $descripcion = htmlspecialchars($_POST['descripcion']);
    $equipo = htmlspecialchars($_POST['equipo']);
    $denominacion = htmlspecialchars($_POST['denominacion']);
    $frecuencia = htmlspecialchars($_POST['frecuencia']);
    $ubicacion = htmlspecialchars($_POST['ubicacion']);
    $criticidad = htmlspecialchars($_POST['criticidad']);
    $ptrabajo = htmlspecialchars($_POST['ptrabajo']);
    $observaciones = htmlspecialchars($_POST['observaciones']);
    $tecnico = htmlspecialchars($_POST['tecnico']);
    $ficha = htmlspecialchars($_POST['ficha']);
    $tiempo = htmlspecialchars($_POST['tiempo']);

    // Valores por defecto base datos
    $op = "10";
    $unidad = "HRA";
    $fecha_inicial = $fecha;
    $fecha_final = $fecha;
    $estado = "OK";

    // Capturar resultados en un arreglo resultados +1
    $resultados = [];
    for ($i = 1; $i <= 11; $i++) {
        $key = "resultado$i";
        $resultados[$i] = isset($_POST[$key]) ? $_POST[$key] : 'No aplica';
    }
}

```

```

}

// ítems de mantenimiento
$items = [
'WV valv. alimentación tanque pesador 1',
'WV valv. descarga tanque pesador 1',
'WV valv. alimentación tanque pesador 2',
'WV valv. descarga tanque pesador 2',
'Manyfold báscula',
'Sensor de desborde',
'Tanque báscula No. 1 lleno (kg)',
'Tanque báscula No. 1 tara (kg)',
'Tanque báscula No. 2 lleno (kg)',
'Tanque báscula No. 2 tara (kg)',
];

//Concatenar ítems y resultados
$observacion_bd = "Se anexa informe PDF con los ítems de mantenimiento:\n";
for ($i = 0; $i < 10; $i++) {
    $observacion_bd .= $items[$i] . " " . $resultados[$i + 1] . "\n";
}

// Añadir observaciones
if (!empty($observaciones)) {
    $observacion_bd .= "Observaciones: " . $observaciones;
}

// Información base de datos
$servername = "name_server";
$username = "name_usuario";
$password = "password";
$dbname = "nombre_base";

$conn = mysqli_connect("name_server", "name_usuario", "password",
"nombre_base");
if (!$conn) {
    die("Error al conectar: " . mysqli_connect_error());
}
$conn->set_charset("utf8");

// Usar una consulta preparada con ON DUPLICATE KEY UPDATE
$sql = "INSERT INTO notificacion (orden, op, ficha, tiempo, unidad, fecha,
fecha_inicial, fecha_final, puesto, observaciones)
VALUES (?, ?, ?, ?, ?, ?, ?, ?, ?, ?)
ON DUPLICATE KEY UPDATE

```

```

        op = VALUES(op),
        ficha = VALUES(ficha),
        tiempo = VALUES(tiempo),
        unidad = VALUES(unidad),
        fecha = VALUES(fecha),
        fecha_inicial = VALUES(fecha_inicial),
        fecha_final = VALUES(fecha_final),
        puesto = VALUES(puesto),
        observaciones = VALUES(observaciones)";

$stmt = $conn->prepare($sql);
$stmt->bind_param("sssssssss", $orden, $op, $ficha, $tiempo, $unidad, $fecha,
$fecha_inicial, $fecha_final, $ptrabajo, $observacion_bd);

$stmt->execute();
$stmt->close();

// Siempre guardar status como "ok" en la tabla ordenes
$sql_estado = "UPDATE ordenes SET Estado = ? WHERE Orden = ?";
$stmt2 = $conn->prepare($sql_estado);
$stmt2->bind_param("ss", $estado, $orden);

$stmt2->execute();
$stmt2->close();
$conn->close();

// Generar contenido HTML
$html = '<html>
<head>
<style>
.page-container {
    margin: 0;
    border: 0.5px solid #cccccc; /* Borde gris claro */
    padding: 1px 3px; /* Opcional: espacio interno para el contenido */
    line-height: 0.5; /* Establecer el interlineado a 1 para reducirlo */
}
header {
    position: relative; /* Cambiamos a posición relativa para que los elementos
internos sean posicionados con respecto a este */
    height: 55px;
}
header img {
    width: 150px;
    height: auto;
    float: left; /* Hacemos que el logo flote a la izquierda */

```

```

        margin-right: 20px; /* Agregamos un margen a la derecha del logo para
separarlo de los títulos */
    }
    main {
        font-family: Arial;
        margin-top: 0.05px; /* Espacio para el encabezado */
        margin-left: 0.02in; /* 0.02 pulgada de margen izquierdo */
        margin-right: 0.02in; /* 0.02 pulgada de margen derecho */
        margin-top: 0.1in; /* 0.1 pulgadas de margen superior */
        margin-bottom: 0.05in; /* 0.05 pulgadas de margen inferior */
    }
    /* Por si se requiere salto de pagina */
    .page-break {
        page-break-after: always;
    }
    /* Estilos de la tabla */
    table {
        border: 0.1px solid black; /* Borde de la tabla */
    }
    th, td {
        border: 0.1px solid black; /* Borde de las celdas de la tabla */
        padding: 1px 3px; /* Opcional: espacio interno para el contenido */
        text-align: center;
    }
}
</style>
</head>
<body>
<header>
    <img src="" . $imagenBase64 . "" alt="Logo Prov">
    <h2 style="font-size: 16px; margin-right: 50px;">MANTENIMIENTO PREVENTIVO
ORDEN No.: ' . $orden . '</h2>
    <h2 style="font-size: 16px; text-align: center;">INFORME DE
MANTENIMIENTO</h2>
</header>

<main>
    <div class="page-container">
        <p><b>Fecha de ejecución: </b>' . $fecha . '</p>
    </div>
    <div class="page-container">
        <p><b>Registro mantenimiento: </b>' . $descripcion . '</p>
        <p><b>Registro de falla: </b> No registra</p>
        <p><b>Equipo: </b>' . $equipo . '</p>
        <p><b>Denominación: </b>' . $denominacion . '</p>
        <p><b>Ubicación técnica: </b>' . $ubicacion . '</p>

```

```

    <p><b>Categoria mantenimiento: </b> Preventivo</p>
    <p><b>Prioridad mantenimiento: </b>' . $criticidad . '</p>
    <p><b>Intervalo de mantenimiento: </b>' . $frecuencia . ' días </p>
    <p><b>Categoria de mantenimiento:</b> Preventivo</p>
    <p><b>Actividad mantenimiento:</b> Prueba e inspección</p>
    <p><b>Tiempo de mantenimiento/downtime: </b>' . $tiempo . ' horas </p>
  </div>
  <div class="page-container">
    <!--hoja de ruta especifica-->
    <p><b>Hoja de ruta:</b></p>
    <p>PP. Bascula de jugo</p>
    <p>Coordinar con operación revisión del equipo, sin que afecte el proceso.
informar al supervisor sobre</p>
    <p>los inconvenientes para elaborar las respectivas ordenes de
mantenimiento.</p>
    <p>Procedimiento de mantenimiento:</p>
    <p>1. Inspeccionar y asear manyfold, verificar estado de conexiones
neumáticas y electricas.</p>
    <p>2. Accionar conjuntamente con operador desde DCS apertura/cierre de
valvulas automaticas, </p>
    <p>comprobar localmente.</p>
    <p>3. Comprobar cierre hermetico de tanques pesadores 1 y 2 con agua.</p>
    <p>4. Inspeccionar elementos y conexiones nuematicas en actuadores.</p>
    <p>5. Registrar en operación lectura de peso de cada tanque pesador, lleno y
vacio.</p>
    <p>Recomendaciones:</p>
    <p>- Al ejecutar labores de mantenimiento realizar un inventario de
herramientas y repuestos antes y después</p>
    <p>de finalizada la labor.</p>
    <p>- Una vez terminado el mantenimiento, entregar al responsable de la
operación el equipo disponible.</p>
    <p>- Los residuos generados durante el mantenimiento, recogerlos y
depositarlos en los respectivos sitios</p>
    <p>de acopio.</p>
    <p>- En caso de presentarse derrame de sustancias ejecutar el respectivo
ponds: 8-PR-33-008</p>
    <p>Nota: utilizar los elementos de protección personal, diligenciar los
formatos y normas de</p>
    <p>seguridad de acuerdo a los requerimientos de la empresa.</p>
  </div>
  <div class="page-break"></div>
  <div class="page-container">
    <!-- Resumen de mantenimiento -->
    <p><b>Resumen de mantenimiento:</b></p>
    <table style="line-height: 1.5;">

```

```

<tr>
  <td style="text-align: center;"><b>Equipo</b></td>
  <td style="text-align: center;"><b>Resultado</b></td>
</tr>';

// Generar la tabla de resultados
foreach ($items as $index => $item) {
  $resultadoKey = "resultado" . ($index + 1);
  $resultado = isset($_POST[$resultadoKey]) ? $_POST[$resultadoKey] : 'No
aplica';
  $html .= '<tr>
    <td>' . htmlspecialchars($item) . '</td>
    <td>' . htmlspecialchars($resultado) . '</td>
  </tr>';
}

$html .= '</table>
</div>';

// Observaciones
$html .= '<div class="observaciones" style="margin-bottom: 1px;">
<div class="page-container">
<p style="line-height: 1.2;"><b>Observaciones:</b></p>
<p style="line-height: 1.5;">' . htmlspecialchars($observaciones) . '</p>
</div>
</div>';

//anexo imagenes
$html .= '<div class="page-container">';
$html .= '<p><b>Registros fotográficos:</b></p>';

foreach ($_FILES['imagenes']['tmp_name'] as $index => $tmpName) {
  if (is_uploaded_file($tmpName)) {
    // Redimensionar imagen si es necesario
    $image = imagecreatefromstring(file_get_contents($tmpName));
    $width = imagesx($image);
    $height = imagesy($image);

    //límite de ancho máximo
    $maxWidth = 600;
    if ($width > $maxWidth) {
      $newHeight = ($maxWidth / $width) * $height;
      $resizedImage = imagescale($image, $maxWidth, $newHeight);
      ob_start();
    }
  }
}

```

```

        imagejpeg($resizedImage);
        $imgData = base64_encode(ob_get_clean());
    } else {
        $imgData = base64_encode(file_get_contents($tmpName));
    }

    $imgType = $_FILES['imagenes']['type'][$index];
    $html .= '<div style="margin-bottom: 20px; text-align: center;">';
    $html .= '';
    $html .= '</div>';
}
$html .= '</div>';

// Técnico
$html .= '<div class="tecnico">
<div class="page-container">
    <p><b>Técnico:</b></p>
    <p>' . htmlspecialchars($tecnico) . ' Ficha: ' . htmlspecialchars($ficha) .
'</p>
</div>';

// Cerrar HTML
$html .= '</main>';

// Crear una instancia de Dompdf con las configuraciones predeterminadas
$dmpdf = new Dompdf($options);

// Cargar el contenido HTML en Dompdf
$dmpdf->loadHtml($html);

$dmpdf->render();
$pdfContent = $dmpdf->output();
$nombreArchivo = $orden . ' ' . $descripcion . '.pdf';

$mail = new PHPMailer(true);
try {
    // Configuración del servidor de correo saliente (SMTP)
    $mail->isSMTP();
    $mail->Host = 'servidor_email'; // Reemplaza con la configuración de tu servidor
SMTP
    $mail->SMTPAuth = true;

```



```
$mail->Username = 'dominio_webemail'; // Tu dirección de correo
$mail->Password = 'Password_webemail'; // Tu contraseña de correo
$mail->SMTPSecure = 'ssl';
$mail->Port = "numero_puerto"; // Puerto SMTP numerico

    $mail->setFrom('confiabilidad@sdmprov.com', 'Confiabilidad');
    $mail->addAddress($recipientEmail, $recipientName);
    // $mail->addCC('correo@dominio.com', 'Copiado'); // Correo de copia
    $mail->Subject = 'Informe de mantenimiento';
    $mail->isHTML(true);
    $mail->Body = 'Bienvenido a SDMprov, se adjunta informe de mantenimiento
generado.';

    $mail->addStringAttachment($pdfContent, $nombreArchivo);

    $mail->send();

// Configurar encabezados para forzar la descarga del PDF
header('Content-Type: application/pdf');
header('Content-Disposition: inline; filename="' . $nombreArchivo . '"');
echo $pdfContent;
} catch (Exception $e) {
    echo 'Error al enviar el correo: ' . $mail->ErrorInfo;
}
}
```