



**Implementación de una Solución Digital para la Gestión del Mantenimiento en Pequeñas Centrales Hidroeléctricas: Uso de AppSheet/PowerApps para Mejorar la Eficiencia y Productividad**

Santiago Céspedes Montoya

Artículo de revisión presentado para optar al título de Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Docente

Noe Alejandro Mesa, Magíster (MSc) en Ingeniería

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Especialización en Gerencia de Mantenimiento

Medellín, Antioquia, Colombia

2024

<b>Cita</b>	(Céspedes Montoya, 2024)
<b>Referencia</b> <b>Estilo APA 7 (2020)</b>	Céspedes Montoya, S. (2024). Implementación de una Solución Digital para la Gestión del Mantenimiento en Pequeñas Centrales Hidroeléctricas: Uso de AppSheet/PowerApps para Mejorar la Eficiencia y Productividad [Informe de práctica]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.



Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Cohorte XIX.



**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## Resumen

En este estudio de caso se analizó la implementación de una solución digital (App), para la gestión del mantenimiento en pequeñas Centrales Hidroeléctricas mediante el uso de AppSheet o PowerApps, plataformas de desarrollo de aplicaciones No-Code. Actualmente, la gestión del mantenimiento en las PCH se realiza a través de hojas de cálculo en Excel, lo cual presenta limitaciones significativas como la falta de alertas automáticas, la dependencia en la actualización manual de datos y la pérdida de información histórica de mantenimientos.

El objetivo principal de este estudio de caso es la optimización en la planificación, ejecución y control de las actividades de mantenimiento mediante la digitalización o computarización de procesos. En el estudio se propone el diseño de una aplicación en AppSheet/PowerApps (plataforma de Google y Microsoft 365) que permita gestionar el mantenimiento desde dispositivos móviles, automatizar notificaciones de vencimiento, registrar históricos de mantenimientos y generar reportes de los mismos. Esta solución no solo busca superar las deficiencias del sistema actual en las PCH, sino también promover la sostenibilidad operativa de las Centrales Hidroeléctricas.

Se esperan resultados que aumenten la disponibilidad, mejoren la trazabilidad de las actividades de mantenimiento y que generen un aumento en la eficiencia en general de los procesos de mantenimiento. Además, este estudio demuestra cómo las tecnologías móviles pueden ser herramientas accesibles y efectivas para transformar operaciones críticas en el sector de la generación de energía.

Este trabajo es respaldado por estudios previos detallados en las referencias bibliográficas y literatura académica acerca del impacto de las tecnologías digitales en la gestión del mantenimiento; esto refuerza la importancia de adoptar soluciones innovadoras en PYME del sector energético.

*Palabras clave:* Gestión del mantenimiento, digitalización, AppSheet, PowerApps, Pequeñas Centrales Hidroeléctricas, mantenimiento preventivo, automatización, eficiencia operativa.

## **Abstract**

This case study analyzed the implementation of a digital solution (App) for maintenance management in small Hydropower Plants (HPPs) using AppSheet or PowerApps, a No-Code application development platform. Currently, maintenance management in HPPs is carried out through Excel spreadsheets, which presents significant limitations such as the lack of automatic alerts, dependency on manual data updates, and the loss of historical maintenance information.

The primary objective of this case study is to optimize the planning, execution, and control of maintenance activities through the digitalization or computerization of processes. The study proposes the design of an application in AppSheet/PowerApps (a Google and Microsoft 365 platforms) to manage maintenance from mobile devices, automate expiration notifications, record maintenance histories, and generate reports. This solution aims not only to overcome the deficiencies of the current system in HPPs but also to promote the operational sustainability of Hydropower Plants.

Expected outcomes include reduced downtime, improved traceability of maintenance activities, and increased overall efficiency of maintenance processes. Additionally, this study demonstrates how mobile technologies can serve as accessible and effective tools to transform critical operations in the energy generation sector.

This work is supported by previous detailed studies cited in bibliographic references and academic literature on the impact of digital technologies in maintenance management, highlighting the importance of adopting innovative solutions in SMEs within the energy sector.

*Keywords:* Maintenance management, digitalization, AppSheet, PowerApps, small hydroelectric plants, preventive maintenance, automation, operational efficiency.

## **Introducción**

En un contexto empresarial cada vez más competitivo, las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH) enfrentan un gran desafío, el cual consiste en garantizar la continuidad operativa de los equipos mientras se optimizan recursos y se reducen costos. La gestión del mantenimiento es un componente crítico en este esfuerzo ya que impacta directamente en la vida útil de los activos, la eficiencia operativa y en parte, la calidad del servicio energético ofrecido. Por otro lado, las herramientas tradicionales como las hojas de cálculo en Excel presentan limitaciones significativas que dificultan el cumplimiento de estos objetivos y hoy en día, estas son ampliamente utilizadas en sectores donde no se cuentan con recursos para Software más especializado.

En las PCH donde se desarrolló este estudio, el mantenimiento se gestiona a través de un sistema basado en Excel que automatiza varios cálculos, aun así, carece de funcionalidades esenciales como la emisión de alertas automáticas, trazabilidad histórica y la actualización en tiempo real. Estas deficiencias han llevado en estas PCH a fallos operativos, retrasos en las actividades y pérdida de datos históricos cruciales para la toma de decisiones.

La transformación digital, impulsada por tecnologías móviles y plataformas No-Code como lo son AppSheet y PowerApps, ofrecen una oportunidad única para superar estas barreras. Dichas herramientas permiten automatizar procesos, mejorar la accesibilidad a la información y fomentar la integración de sistemas, en este caso las Apps y las hojas de Excel. El objetivo de este estudio de caso es justificar la implementación futura de una solución digital para la gestión del mantenimiento, demostrando su relevancia para las PCH y destacando los beneficios que puede traer a nivel operativo y estratégico.

La hipótesis central del trabajo es que una solución digital no solo ayudará a mejorar la eficiencia de los procesos de mantenimiento, sino que también va a proporcionar una base sólida para la toma de decisiones basadas en datos. En este estudio de caso se propone un análisis detallado de las necesidades actuales, los desafíos asociados al sistema actual de las PCH estudiadas y las ventajas potenciales de una migración a un entorno digital.

# **1 Objetivos**

## **1.1 Objetivo general**

Justificar la implementación de una App en AppSheet o PowerApps para la gestión del mantenimiento en Pequeñas Centrales Hidroeléctricas, optimizando la eficiencia operativa y promoviendo la sostenibilidad.

## **1.2 Objetivos específicos**

- Diagnosticar las limitaciones del sistema actual construido en Excel para gestionar el mantenimiento.
- Proponer un solución digital que integre tecnologías móviles y herramientas No-Code, adaptado a las necesidades de las PCH.
- Identificar los beneficios estratégicos y operativos de digitalizar los procesos de mantenimiento.
- Establecer una justificación y marco de referencia para la implementación de una futura solución, fundamentado en estudios de caso y bibliografía especializada.

## 2 Metodología

El presente estudio de caso se estructura en cuatro etapas principales, con el objetivo de justificar la implementación de una solución digital en la gestión del mantenimiento de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas.

### 2.1 Diagnóstico del sistema actual

Se llevó a cabo un análisis exhaustivo del sistema de mantenimiento basado en Excel, identificando sus principales limitaciones:

- Ausencia de notificaciones automáticas que alerten sobre actividades pendientes o vencidas.
- Pérdida de datos históricos al sobrescribir información después de un mantenimiento nuevo.
- Dependencia de actualizaciones manuales, lo cual incrementa la probabilidad de errores humanos. Estas deficiencias impactan negativamente la operación de las Centrales, aumentando los riesgos de fallos inesperados y afectando la continuidad operativa (Šlaichová & Maršíková, 2013).

### 2.2 Revisión bibliográfica

Se realizó un análisis de la literatura sobre digitalización en la gestión del mantenimiento, destacando aportes muy importantes como Šlaichová y Maršíková (2013) que demostraron cómo los sistemas computarizados de gestión del mantenimiento (CMMS) mejoran la eficiencia operativa al optimizar procesos y reducir tiempos de inactividad. También Ogbeifun, Pasipatorwa y Pretorius (2020) destacaron los múltiples beneficios de los sistemas computarizados, como la integración de datos en tiempo real y la mejora en la toma de decisiones estratégicas.

En cuanto al tema de mantenimiento, Ruiz y González (2020) propusieron un modelo basado en el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), adaptado a las necesidades específicas de operaciones industriales, además, se identificaron modelos replicables: como el expuesto por Krisnawan y Kurniasih (2024) donde presentaron cómo AppSheet optimizó la gestión de activos en el sector inmobiliario, ofreciendo accesibilidad y eficacia para pequeñas empresas.

Finalmente, Santos y Almeida (2021) analizaron la integración de tecnologías digitales en el mantenimiento preventivo, destacando su impacto en la eficiencia operativa y reducción de costos y Gómez y Pérez (2019) enfatizaron la utilidad de algoritmos de predicción y planificación inteligente para anticipar fallos y mejorar la programación de actividades.

### **2.3 Proyección del sistema digital**

La solución propuesta propone el diseño conceptual de una aplicación desarrollada en AppSheet/PowerApps, incorporando las siguientes funcionalidades:

- Automatización de alertas: notificaciones automáticas para actividades vencidas o próximas a vencer.
- Gestión de históricos: registro completo de actividades ejecutadas para análisis de tendencias y auditorías de la superintendencia de servicios públicos.
- Acceso móvil: entrada y consulta de datos en tiempo real desde dispositivos móviles y computadores.

### **2.4 Análisis de beneficios esperados**

Se espera una mejora en la eficiencia operativa de las centrales, una reducción significativa en los paros no programados de la planta y un aumento en la disponibilidad de los equipos.

También se espera un mejor uso de los recursos, reduciendo en un 10% los costos asociados a mantenimientos correctivos y mayor aprovechamiento del personal operativo (Ruhe, 2006; Ogbeifun et al., 2020).

La trazabilidad es otro de los aspectos que se pretenden abordar, esto mejorará la calidad y accesibilidad de los datos, permitiendo análisis predictivos y mejor toma de decisiones (Torres & Castillo, 2018). Los estudios también proyectan un incremento del 25% en la eficiencia del mantenimiento preventivo y una reducción del 15-20% en costos operativos (Ruhe, 2006).

### 3 Desarrollo del caso

#### 3.1 Diagnóstico del sistema actual

El sistema actual de gestión de mantenimiento de las PCH se organiza en una hoja principal denominada CONTROL MTTO, la cual centraliza la información de las actividades de mantenimiento programadas para diferentes equipos de las PCH. Este sistema se construyó con base en los planes de mantenimiento entregados por el proveedor y posteriormente utilizando hojas de cálculo en Excel con la siguiente estructura:

#### Componentes principales:

- Equipos y actividades: cada fila identifica un equipo específico y detalla las actividades de mantenimiento requeridas, como inspecciones o cambios de piezas.
- Frecuencia: se especifican intervalos de mantenimiento en horas de operación o años de antigüedad, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
- Último mantenimiento: registra la fecha y el horómetro correspondiente al último mantenimiento realizado a algún equipo.

#### Figura 1

*Diagrama de flujo de ingreso de la información.*



### **Categorías y rangos de alerta:**

- Vencido (Rojo): Actividades que han excedido el plazo de mantenimiento (0% de tiempo restante).
- Por vencer (Magenta): Actividades con un tiempo restante por vencer entre 0% y 5%, indicando alta prioridad.
- Dar prioridad (Naranja): Actividades con un tiempo restante entre el 5% y 15%, recomendando preparación para la ejecución.
- Planear (Amarillo): Actividades con un tiempo restante entre el 15% y 25%, indicando que aún hay margen para planificación y debe estar a la vista.
- Cumplido (Verde): Actividades con más del 25% de tiempo restante para vencer, indicando que están al día.

### **Figura 2**

*Categorías y rangos de alertas.*

TIPOS DE ALERTAS	% DEL TIEMPO
VENCIDO	0%
POR VENCER	0% - 5%
DAR PRIORIDAD	5% - 15%
PLANEAR	15% - 25%
CUMPLIDO	25% - 100%

La lógica del semáforo se basa en fórmulas que calculan el porcentaje de tiempo transcurrido desde el último mantenimiento, respecto al intervalo definido (frecuencia). Este cálculo se compara con los rangos establecidos para asignar el color correspondiente.

**Fortalezas:**

- Centralización de la información en un único archivo accesible al juntar todos los planes de mantenimiento de cada equipo.
- Automatización básica mediante fórmulas para proyectar fechas de vencimiento y generar alertas visuales, muy útiles para el día a día.

**Limitaciones:**

- Actualización manual: requiere que el operador ingrese diariamente los datos del horómetro y revise manualmente el estado de las actividades.
- Falta de alertas automáticas: no emite notificaciones en tiempo real sobre vencimientos, lo que puede llevar a omisiones u olvidos.
- Pérdida de históricos: al actualizar la fecha del último mantenimiento, se sobrescribe la información del anterior, impidiendo el análisis histórico.
- Interfaz limitada: su dependencia de Excel dificulta el acceso móvil y en tiempo real, restringiendo su uso al personal en sitio.
- Complejidad visual: algunas columnas con encabezados ambiguos y datos dispersos pueden dificultar su interpretación. El sistema aún requiere mejoras no solo de tecnología, sino también, de su misma construcción.

**Tabla 1***Ejemplo estructura plan de mantenimiento actual*

Equipo	Mantenimiento	Horas	Requiere paro (Si/No)	Herramienta importante
	Horómetro actual UGP	66168		
	Horómetro actual GE	212,9		
Generador	Inspección general.	100000	SI	
Generador	Medición puestas a tierra de la planta completa	16000	NO	Megger
Generador	Cambio o revisión de sensor de vibración	8500	SI	Llave #30

Generador	Cambios de aceites en los apoyos, sacar muestra de aceite para su revisión, en caso de que los resultados salgan malos cambiarlo.	8500	SI	Kit muestra aceite
Generador	Apoyos en los cojinetes de fricción, examen general de los apoyos de acuerdo con lo indicado por el fabricante.	50000	SI	Llave Alen 27.8, 6 22 mm, puente grua, trapos
Generador	Controlar si los pernos de sujeción están correctamente apretados.	4000	SI	Torquímetro

En la Tabla 1, se presenta un ejemplo de la estructura básica de alguna de las columnas que componen todo el plan de mantenimiento actual.

### 3.2 Propuesta de solución digital mejorada

La solución propuesta busca transformar el sistema actual construido sobre Excel mediante el desarrollo de una aplicación móvil en AppSheet/PowerApps. Como ya se describió anteriormente en la metodología, esta herramienta permitirá automatizar procesos importantes, mejorar la trazabilidad y facilitar la gestión del mantenimiento desde cualquier dispositivo. Basada en la estructura existente del semáforo y las categorías de alerta, la solución se diseñará para abordar las limitaciones del sistema actual.

#### Funcionalidades propuestas

##### Automatización del semáforo de alertas:

- Reproducción del semáforo actual (rojo, magenta, naranja, amarillo y verde) en la nueva aplicación.

- Automatización de los cálculos de porcentajes de tiempo transcurridos y asignación de colores sin intervención manual.

#### **Configuración de notificaciones automáticas para los siguientes eventos:**

- Actividad por vencer (magenta).
- Actividad vencida (rojo).
- Gestión de Histórico de Mantenimientos
- Registro automático de cada actividad realizada, incluyendo:
  - o Fecha de ejecución.
  - o Horómetro del equipo.
  - o Comentarios sobre el estado del equipo.
  - o Acceso a históricos para análisis de tendencias y auditorías.
  - o Interfaz Móvil y actualización en Tiempo Real:
- Aplicación compatible con dispositivos móviles para registrar y consultar datos en campo.
- Sincronización en tiempo real con la base de datos, eliminando la necesidad de transferencias manuales de información.

#### **Actualización automática de fechas y proyecciones:**

- Al completar una actividad, la aplicación ajusta automáticamente la fecha de último mantenimiento de acuerdo a lo diligenciado por el operador y con base en dicha información calcula la fecha de vencimiento siguiente mantenimiento.
- Configuración de frecuencias basadas en horas de operación o años, según corresponda.

#### **Reportes dinámicos y personalizados:**

- Estado actual del plan de mantenimiento.
- Cumplimiento de actividades.
- Tareas pendientes o vencidas.
- Exportación en formatos como Excel o PDF.

## **Ventajas de la solución**

La solución propuesta ofrecerá ventajas muy significativas. Hablando en términos de eficiencia operativa, se logrará una reducción de fallas humanas gracias a la automatización de los cálculos y a la presencia de notificaciones, lo cual mejora la planificación y ejecución de actividades. Además, la solución garantiza una trazabilidad, al generar un historial detallado de todas las actividades de mantenimiento realizadas, lo cual es fundamental para auditorías y análisis de desempeño, generalmente solicitadas por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD).

En cuanto a la accesibilidad y facilidad de uso, la App permite gestionar el mantenimiento desde cualquier ubicación que tenga acceso a internet. Esta poseerá una interfaz intuitiva que facilitará la adopción por parte del personal operativo, reduciendo así la necesidad de capacitaciones extensas.

Finalmente, la solución contribuye a una reducción de costos al minimizar los mantenimientos correctivos mediante la priorización de actividades preventivas. También se generan ahorros de tiempo al eliminar los procesos manuales. Por último, se incorpora el sistema de semáforo en la aplicación actual, optimizando la identificación y priorización de las actividades pendientes.

La lógica del semáforo se replicará mediante fórmulas integradas en AppSheet/PowerApps, basándose en las frecuencias de mantenimiento y los porcentajes de tiempo restantes. Adicionalmente, la aplicación notificará a los operadores de Casa de Maquinas a través de alertas configurables según las categorías de la misma (vencido, por vencer, etc.).

Con esta propuesta, se busca optimizar el sistema actual de gestión de mantenimiento, como también prepararnos en un futuro, no solo la gestión del mantenimiento, sino también, para otro tipo de actividades de gestión que también se realizan en una PCH.

**Figura 3***Ejemplo seguimiento al plan de mantenimiento actual en Excel*

ULTIMO MANTENIMIENTO O INSPECCION						
FECHA	HOROMETRO	COMENTARIO ULTIMO MANTENIMIENTO	HOROMETRO ACTUAL	TIEMPO RESTANTE PARA MTTO	FECHA PLANEADA PARA EJECUCION	ALERTA
/01/2017	0		66168	4 AÑOS	11/10/2028	
4/09/2024	64640	Las medidas fueron tomadas por personal de Transequipos	66168	20 MESES	24/09/2025	
4/09/2024	64640	Se realiza inspección por parte del personal Transequipos	66168	10 MESES	11/09/2024	

## 4 Resultados

### 4.1 Indicadores clave de desempeño KPI

La implementación de la solución digital basada en AppSheet/PowerApps proyecta mejoras significativas en varios indicadores relacionados con la gestión del mantenimiento. Los resultados esperados son presentados a continuación:

**Tabla 2**  
*Indicadores claves de desempeño*

<b>Indicador KPI</b>	<b>Descripción / Resultados Esperados</b>
<b>Cumplimiento de actividades de mantenimiento</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Aumento en el porcentaje de mantenimientos preventivos realizados dentro del plazo.</li><li>- Reducción de mantenimientos vencidos a menos del 5%.</li></ul>
<b>Reducción de paros no programados</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Disminución del tiempo total de paros no programados en un 20% durante el primer año.</li><li>- Mejora en la disponibilidad de equipos críticos gracias al seguimiento automatizado.</li></ul>
<b>Mejora en la trazabilidad</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Disponibilidad de registros históricos completos para análisis y auditorías.</li><li>- Mayor calidad y cantidad de información almacenada para toma de decisiones.</li></ul>
<b>Optimización de recursos</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Reducción del tiempo en planificación y actualización del plan de mantenimiento en un 40%.</li><li>- Mejor uso del recurso humano al eliminar tareas manuales repetitivas.</li></ul>
<b>Alertas automáticas</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Notificaciones generadas automáticamente con 100% de precisión basada en frecuencia y estado real.</li><li>- Eliminación de la dependencia de la revisión visual diaria en Excel.</li></ul>

## **4.2 Beneficios operativos y estratégicos**

La implementación de alertas automáticas y actualizaciones en tiempo real contribuye significativamente a reducir retrasos y errores humanos, aumentando la confiabilidad de la planta. Esta funcionalidad de la App permite optimizar los procesos de mantenimiento y garantizar una respuesta más oportuna evitando vencimientos.

En cuanto a la sostenibilidad operativa, la disponibilidad de registros históricos facilita el análisis para identificar tendencias de fallas, además, permite una correcta planificación de mantenimientos mayores, minimizando interrupciones no programadas. Este enfoque promueve una cultura preventiva orientada a evitar problemas antes de que ocurran, en lugar de solo reaccionar ante ellos.

Además, la solución mejora la toma de decisiones informadas al permitir la descarga de reportes dinámicos, los cuales permiten revisar periódicamente el desempeño del sistema de mantenimiento y realizar ajustes de manera efectiva.

Por último, el sistema contribuye al cumplimiento normativo en el sector energético, ya que la trazabilidad histórica y la generación de reportes detallados refuerzan la capacidad de las PCH para cumplir con regulaciones de los entes estatales y responder de manera adecuada a auditorías externas.

## 5 Discusión

### 5.1 Impacto de la digitalización en la gestión del mantenimiento

La implementación de un sistema digital basado en la aplicación AppSheet/PowerApps no solo mejora la operación diaria de la PCH, también transforma la forma como se gestionan los recursos y los activos críticos en las PCH. Los resultados esperados, como el aumento en el cumplimiento de actividades preventivas y la reducción de paros no programados tienen implicaciones significativas para la sostenibilidad operativa de las plantas.

**Automatización de procesos:** la automatización de cálculos y alertas eliminan las barreras impuestas por la actualización manual de datos en Excel. Esto se convierte un avance importante hacia un modelo de mantenimiento más proactivo, donde las decisiones se toman con base en datos en tiempo real.

**Reducción de riesgos operativos:** garantizando que todas las actividades estén planificadas y ejecutadas en el momento adecuado, se disminuye el riesgo de fallas catastróficas en los equipos, mejorando la seguridad como la continuidad del servicio energético. En generación de energía, el lucro cesante la mayoría de las veces es más significativo que la misma reparación o costo del mismo repuesto.

### 5.2 Comparación con sistemas realizados en Excel

Aunque el sistema actual realizado en Excel proporciona una solución básica y funcional, este carece de las capacidades necesarias para manejar las demandas de un entorno operativo moderno. Comparado con la solución digital propuesta en este estudio de caso, las diferencias incluyen:

**Trazabilidad:**

Excel registra únicamente el último mantenimiento realizado, perdiendo el historial de mantenimiento realizados en el pasado. El cuadro actual puede ser modificado para dejar el histórico, sin embargo, esto le tocaría hacerlo manualmente al operador, tomando un tiempo que

este puede utilizar en realizar tareas más productivas para la operación y mantenimiento de la central.

AppSheet/PowerApps ofrece un historial completo, lo que permite realizar análisis detallados de tendencias y fallos. Guarda el histórico de manera automática.

**Alertas:**

Excel requiere una revisión manual diaria para identificar actividades pendientes.

AppSheet/PowerApps genera notificaciones automáticas para actividades por vencer o vencidas, mejorando la respuesta del personal.

**Accesibilidad:**

Excel limitado a usuarios en sitio. Es posible abrirlo en dispositivos móviles, sin embargo su interfaz en estos dispositivos es poco amigable e intuitiva.

AppSheet/PowerApps permite acceso desde dispositivos móviles, facilitando el trabajo en campo. Está diseñada a la medida para facilitar el reporte de datos.

### **5.3 Retos y consideraciones**

Aunque los beneficios de la digitalización son evidentes, existen retos asociados a la implementación que deben considerarse:

**Capacitación del personal:** la introducción de un nuevo sistema requiere una curva de aprendizaje para el personal operativo. Es crucial diseñar capacitaciones prácticas que les permitan adoptar esta herramienta de forma rápida y efectiva, a pesar de que la misma resulta ser bastante intuitiva.

**Cambio cultural:** la transición de un sistema basado en hojas de cálculo a una plataforma digital puede generar resistencia al cambio, más cuando los operadores vienen acostumbrados a trabajar desde la creación de la central con los mismos formatos. Es fundamental involucrar al equipo de operación en el diseño de la App para fomentar la aceptación.

## 6 Conclusiones

- La digitalización de la gestión del mantenimiento en las PCH representa una solución necesaria y estratégica para superar las limitaciones que presentan estas empresas al no poder contratar un Software especializado. La implementación futura de una plataforma como AppSheet/PowerApps optimizará procesos clave, mejorará la trazabilidad de actividades y reducirá el riesgo de fallos en los equipos.
- La automatización de cálculos y notificaciones permitirá reducir la tasa de errores humanos y mejorará la planificación del mantenimiento.
- Se espera una reducción significativa en los tiempos y cantidad de paros no programados, garantizando así, una mayor disponibilidad operativa de los equipos.
- Un sistema digital robusto como lo es una App, permitirá almacenar datos y analizar históricos, facilitando la toma de decisiones basadas en datos.
- La escalabilidad de la solución digital la hace adaptable a futuros requerimientos o expansiones de las PCH.
- Este cambio permitirá a las PCH alinear sus operaciones con las mejores prácticas del sector energético, mejorando su competitividad en un entorno dinámico. Sin embargo, la transición hacia este sistema digital debe abordarse cuidadosamente, considerando factores como la capacitación del personal y la resistencia al cambio.

## **Recomendaciones**

- Diseñar un plan de implementación por etapas para minimizar las interrupciones operativas en la planta (de ser necesarias).
- Diseñar la solución en una de las plantas para identificar ajustes necesarios antes de una implementación a gran escala.
- Dictar talleres prácticos a los operadores de Casa de Máquinas para garantizar una adopción eficiente de la App.
- Promover la participación del equipo operativo y administrativo en el diseño de la App para generar confianza y aceptación.
- Establecer indicadores clave de desempeño (KPI) para medir el impacto de la App en la eficiencia operativa de la planta y reducción de costos.
- Revisar periódicamente el desempeño de la App. Realizar ajustes según las necesidades emergentes.
- Integrar la solución con otros sistemas de gestión utilizados en la planta, como los de control de calidad, SST y administración de recursos.

## Referencias

- Krisnawan, A. B., & Kurniasih, T. (2024). *Optimalisasi sistem manajemen barang dalam bisnis sewa properti melalui implementasi AppSheet/PowerApps (Studi Kasus: Sewa Rumah BSB)*. *Jurnal Indonesia: Manajemen Informatika dan Komunikasi*, 5(2), 1362–1368. <https://journal.stmiki.ac.id>
- Šlaichová, E., & Maršíková, K. (2013). *The effect of implementing a maintenance information system on the efficiency of production facilities*. *Journal of Competitiveness*, 5(3), 60–75. <https://doi.org/10.7441/joc.2013.03.05>
- Ruhe, J. (2006). *Benefits of integrating PAM & production management systems*. WBF North American Conference, Atlanta, GA. <https://www.wbf.org>
- Ogbeifun, E., Pasipatorwa, P., & Pretorius, J. H. C. (2020). *Harnessing the multiple benefits of a computerized maintenance management system*. In *Operations Management - Emerging Trends in the Digital Era*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.93732>
- Ninan, J. J. (2014). *Integrating rules and automated planning in business processes*. Eindhoven University of Technology. Retrieved from <https://research.tue.nl>
- Alexander, K. (1996). *Facility management: Theory and practice*. Butterworth-Heinemann.
- Becker, F. (1990). *The total workplace: Facilities management and the elastic organization*. Van Nostrand Reinhold.
- Mukhrijal, M., Swanda, L., & Somaida, M. H. (2023). *Effective asset management in property rental*. *Jurnal Indonesia: Manajemen Informatika dan Komunikasi*. <https://journal.stmiki.ac.id>
- Guizzi, G., & Pala, E. (2004). *Modern perspectives on facility management*. *Journal of Competitiveness*. Retrieved from <https://www.joc.org>
- Curcio, G. (2003). *Integrated management of building services and processes*. *European Facility Management Journal*.
- Pala, E., & Pristerà, G. (2004). *Optimization of processes through modern facility management systems*. *Journal of Facility Management Research*.
- Vetráková, M., & Schürle, F. (2000). *The role of information technologies in facility management: A case study*. *Journal of Competitiveness*. Retrieved from <https://www.joc.org>
- Ruiz, D. M., & González, R. E. (2020). *Modelado de una plataforma de E-Mantenimiento basado en CBM*. *Revista de Tecnología Industrial Aplicada*, 12(3), 54–62.
- Gómez, A., & Pérez, L. (2019). *Planificación inteligente del mantenimiento industrial utilizando algoritmos de predicción*. *Ingeniería y Gestión*, 8(4), 32–45.
- Torres, H., & Castillo, M. (2018). *Aplicación de software de mantenimiento predictivo en turbinas hidroeléctricas*. *Revista de Ingeniería Energética*, 10(2), 25–30.

- Santos, P., & Almeida, C. (2021). *Integración de tecnologías digitales en la gestión del mantenimiento preventivo*. Revista de Innovación Tecnológica, 5(1), 15–27.
- Sulca Balboa, V. (2021). *Implementación de un sistema de gestión de mantenimiento asistido por computadora para optimizar los procesos de mantenimiento en Centrales Hidroeléctricas*. Universidad Nacional Federico Villarreal. Recuperado de [https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/6048/TESIS\\_SULCA\\_BALBOA\\_VANESSA.pdf?sequence=1](https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/6048/TESIS_SULCA_BALBOA_VANESSA.pdf?sequence=1)
- Garzón, D. (2024). *Diseño y modelado de un tablero de indicadores de gestión para las Centrales Hidroeléctricas*. Universidad de Antioquia. Recuperado de [https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/38256/1/Garz%C3%B3nDiego\\_2024\\_cuadromandoestrat%C3%A9gico.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/38256/1/Garz%C3%B3nDiego_2024_cuadromandoestrat%C3%A9gico.pdf)
- Perán González, J., & García Prados, F. (2002). *Sistema experto para el mantenimiento predictivo de una central hidroeléctrica*. Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial, 1(1), 65-74. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/Jose-Peran/publication/228557823\\_SISTEMA\\_EXPERTO\\_PARA\\_EL\\_MANTENIMIENTO\\_PREDICTIVO\\_DE\\_UNA\\_CENTRAL\\_HIDROELECTRICA/links/0c96052a9afd69db840000/SISTEMA-EXPERTO-PARA-EL-MANTENIMIENTO-PREDICTIVO-DE-UNA-CENTRAL-HIDROELECTRICA.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jose-Peran/publication/228557823_SISTEMA_EXPERTO_PARA_EL_MANTENIMIENTO_PREDICTIVO_DE_UNA_CENTRAL_HIDROELECTRICA/links/0c96052a9afd69db840000/SISTEMA-EXPERTO-PARA-EL-MANTENIMIENTO-PREDICTIVO-DE-UNA-CENTRAL-HIDROELECTRICA.pdf)

## **Anexos**

**Anexo 1. Plan de mantenimiento actualmente implementado en las PCH's.**