UNIVERSIDAD SAN MARCOS

LICENCIATURA EN INGENIERIA INDUSTRIAL

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

PROPUESTA TÉCNICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SCADA HISTORIADOR EN UNA PLANTA ELÉCTRICA PARA OPTIMIZAR EL ANALISIS Y CONTROL DE DATOS OPERATIVOS DURANTE EL PRIMER CUATRIMESTRE DEL AÑO 2026

ELABORADO POR:

JEIMSON BROWN HOWARD

SAN JOSÉ, COSTA RICA

CC BY NC ND

#1 EN EDUCACIÓN VIRTUAL

Somos esencial COSTA RICA

APRENDIZAJE AUMENTADO

ENERO 2026

Agradecimientos

Al mirar que estoy en la recta final de este proyecto puedo decir con tranquilidad gracias, Dios por que me distes la fuerzas, la sabiduría y el conocimiento para poder llevar a cabo cada una de las tareas y proyectos asignados. Pero esto no es solo un esfuerzo mío sino viene de la mano el esfuerzo de mis padres, esposa e hijos, quienes con una palabra de aliento y motivación me ayudaron de otra manera: muchas gracias.

Jeimson Brown Howard

Dedicatoria

Este proyecto final se lo dedico a mis padres que siempre me impulsaron y me enseñaron a cumplir las metas, que, aunque el camino se pusiera áspero sacara fuerzas y avanzará, mi esposa que es un pilar importante en mi vida y mis hijos que son mi motor para seguir adelante.

Jeimson Brown Howard

Tabla de contenido

Agradecimientos 2

Dedicatoria 3

Índice de figuras 7

Índice de tabla 7

Índice de anexos 8

Resumen ejecutivo y palabras claves 9

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN 10

Tema de investigación 12

Estado de la cuestión de la investigación 12

Estudios Internacionales 12

Estudios Nacionales 15

Síntesis del estado de la cuestión 18

Objetivos de estudio 20

Formulación del problema de investigación 21

Justificación del estudio de investigación 22

Alcances de investigación 23

Proyecciones 24

Limitaciones 25

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO. 26

Marco situacional. 27

Valores de la empresa donde está realizando la investigación 29

Organigrama institucional. 30

Ubicación de la empresa donde está realizando la investigación 32

Explicación de elección de la empresa 36

Marco conceptual 39
Automatización industrial 39
Control de procesos industriales 42
Instrumentación industrial 44
Adquisición de datos y comunicaciones 49
Historiadores de datos 51
Análisis y gestión de datos operativos 53
SCADA Historiador en plantas eléctricas. 55
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO 61
Enfoque metodológico 61
Tipos de investigación. 62
Investigación Descriptiva 62
Investigación Explicativa 62
Método de la investigación. 63
Diseño de la investigación. 63
Sujetos y fuentes de información. 64
Fuentes de información 65
Fuentes Primarias 65
Fuentes Secundarias 65
Instrumentos y técnicas utilizadas en la recopilación de datos. 66
Instrumentos de investigación 66
Entrevista 66
Encuesta 66
Técnicas de investigación 67
Observación directa 67

Encuesta....68
Matriz de análisis....68
Cuadro comparativo....68
Variables de la investigación....68
Variables 1. Gestión de datos operativos....68
Variable 2. Requerimientos técnicos para la integración del sistema historiador....69
Variable 3. Arquitectura de datos del sistema SCADA historiador....69
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS....72
Gestión de datos operativos en la planta eléctrica....72
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES....96
Conclusiones....96
Recomendaciones....99
CAPÍTULO VI. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO....102
Introducción....102
Objetivos de la propuesta....103
Objetivo general....103
Objetivos específicos....103
Análisis FODA de la propuesta de mejoramiento....103
Acciones concretas de la propuesta....104
Recursos necesarios de la propuesta de mejoramiento....109
Recursos humanos....109
Recursos tecnológicos....110
Recursos presupuestarios....111
Evaluación financiera de la propuesta....113
Valor Presente Neto (VPN)....114

Relación Beneficio/Costo (B/C) 116
Tasa Interna de Retorno (TIR) 116
Período de Recuperación (PR) 117
Cálculo del período de recuperación simple: 117
Cálculo del período de recuperación con descuento: 117
Cronograma de la propuesta de mejoramiento 118
Referencia 121
ANEXOS 125

Índice de figuras

Figura 1 Organigrama institucional del Instituto Costarricense de Electricidad 31
Figura 3 Organigrama general de una planta eléctrica 32
Figura 4 Ubicación geográfica de la Planta eléctrica 33
Figura 5 Mapa conceptual del marco conceptual 60

Índice de tabla

Tabla 1 Análisis FODA completo de la planta eléctrica 35
Tabla 2 Definición, operacionalización e instrumentalización de las variables 70
Tabla 3 Ingeniero operación y monitoreo del sistema SCADA en la Planta Eléctrica 86
Tabla 4 Encargado de la operación, supervisión y gestión del sistema de control de la Planta Hidroeléctrica Paraiso 89
Tabla 5 FODA de la propuesta de mejoramiento 103
Tabla 6 Valor presente neto 114
Tabla 7 beneficio/ costo 116
Tabla 8 Tasa interna de retorno 116

Tabla 9 período de recuperación simple.....117
Tabla 10 período de recuperación con descuento.....117
Tabla 11 Tabla de cronograma.....119

Índice de anexos

Anexos 1 . Encuesta aplicada al personal técnico de una planta eléctrica 125
Anexos 2 Instrumento de recolección de información: Entrevista técnica 128
Anexos 3 Instrumento de recolección de información: Entrevista técnica 131
Anexos 4 Instrumento de recolección de información: Los 5 Porque.....135

Resumen ejecutivo y palabras claves

El presente trabajo se desarrolla una propuesta técnica para lo que es la implementación de un sistema SCADA con historiador de datos en una planta eléctrica, tiene el propósito de optimizar el análisis, control y gestión de los datos operativos lo cual es el primer cuatrimestre del año 2026. La problemática identificada se encuentra en que la planta dispone un sistema SCADA para supervisión en tiempo real pero sí existen limitaciones de almacenamiento históricos, trazabilidad de eventos y análisis avanzado de información lo cual retrasa la toma de decisiones y sobre todo dificulta la detención de fallas.

Se desarrolla en un enfoque descriptivo y explicativo, llevo recopilaciones de información tanto primarias como secundarias a través de entrevistas, encuestas y una observación directa además de un análisis documental lo cual permite diagnosticar el estado actual de la gestión de datos operativos, identificar necesidades técnicas y establecer los requerimientos funcionales para lo que es la integración de un historiador de datos al sistema existente.

Lo siguiente da como resultado, lo que se plantea una propuesta orientada a centralizar la información operativa, automatizar registros, generar tendencias históricas, facilitar reportes técnicos y fortalecer la planificación del mantenimiento predictivo. Por lo siguiente se proyectan beneficios como lo es la reducción de tiempos de análisis, mejora en la confiabilidad operativa, disminución de errores humanos y respaldo a la toma de decisiones basada en datos reales y verificables.

Para finalizar la implementación de un SCADA historia o representa una oportunidad estratégica para modernizar la operación de la planta eléctrica, por lo que los principios de la industria 4.0 ayuda a la eficiencia, sostenibilidad y seguridad del sistema eléctrico nacional.

Palabras clave: Automatización industrial, eficiencia energética, gestión operativa, historiador de datos, industria 4.0, mantenimiento predictivo, planta eléctrica, SCADA

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Según (Instituto Costarricense de Electricidad, 2026), en sus primeras épocas de operación la planta reflejó la tecnología propia de los finales siglo XX para este siglo la tecnología, las comunicaciones y los avances en temas de control eran escasos, muchos de ellos se realizaban a criterio experto o a la espera de que los sistemas de las unidades funcionaran como lo indicaba el papel y se hizo bien, por lo menos se tenía la convicción de que se hizo lo mejor con lo que había en su momento ya que no existía un sistema que recordara con precisión lo que había sucedido minutos antes. Los sistemas de control analógicos brindaban información funcional para su época, pero presentaba deficiencias graves, requería de la pericia de los operadores para su interpretación y para la toma de decisiones y muchas de estas posiblemente se tomaron de forma tardía lo que implicaba un posible costo, además, la toma de datos y su registro era en hojas de papel que muchas veces se ensuciaban, no se entendía lo escrito, se extraviaba y su análisis posiblemente era tardío o nulo.

Para el año 2010 parte de la planta se somete a una modernización en los sistemas de control operativo, instalación de SCADA (supervisión, Control y Adquisición de Datos), que si teniendo claro un SCADA (autex-open, 2022); señala que "son ampliamente utilizados en aplicaciones industriales y de infraestructura, muy diversas, como el control de plantas de producción de diferentes procesos, líneas de producción, centrales eléctricas, redes de transporte o edificios inteligentes" los cuales aportan una mayor fiabilidad en el control de las unidades, a pesar de su gran aporte en el control de las unidades no se consideró la importancia y el aporte que generaría el registro de las variables operativas a lo largo del tiempo en un historiador de datos.

A pesar de que hoy contamos con una interfaz digital que nos permite ver, persisten procesos que se monitorean de forma analógica, creando puntos ciegos en la operación de las unidades. Cuando surge una falla en las unidades de operación, la búsqueda de la información sigue siendo un proceso lento y manual lo que contradice el término de eficiencia que el SEN impone.

Actualmente la era digital y la gestión de datos aportan un valor importante a las organizaciones donde la importancia de su producción es valorada no solo por su capacidad de producción instalada, sino, en la eficiencia con la que se gestionan los datos generados en cada uno de los procesos. Según (Cortés, Berenice, Landeta, Manuel, & Chacón., 2017); La

conceptualización que existe sobre industria 4.0 es reciente, sin embargo, ha sido definida como una maquinaría física y dispositivos con sensores y software que trabajan en red y permiten predecir, controlar y planear mejor los negocios y los resultados organizacionales.

La era digital 4.0 convierte todos estos datos en una fuente abundante de datos donde fluyen de forma constante y abundante, los sistemas de supervisión y control de datos (SCADA) se consolida como un pilar principal de la operación que permite interactuar en tiempo real con los equipos y cada uno de sus procesos en tiempo real, ahora, no solo es imprescindible la visualización de datos en tiempo real, la mayor ventaja competitiva surge de la capacidad de transformar todos estos datos en conocimientos históricos. Aquí es donde la implementación de un historiador de datos se vuelve indispensable, esta herramienta operativa permite el análisis, la identificación de problemas futuros, la visualización de tendencias y proyección de mantenimientos toma de decisiones que en la operación tradicional pasarían desapercibidas.

De acuerdo con (Olarte, y otros, 2010), “el mantenimiento predictivo consta de una serie de ensayos de carácter no destructivo orientados a realizar un seguimiento del funcionamiento de los equipos para detectar signos de advertencia que indiquen que alguna de sus partes no está trabajando de la manera correcta”.

Durante la operación de las unidades generadoras los parámetros tales como temperatura, presiones, caudales, entre otros deben mantenerse en estricta vigilancia para garantizar la seguridad y la eficiencia operativa, la ausencia del historiador es igual a la ausencia de trazabilidad de datos lo que se traduce en un riesgo ya que para efectuar un análisis de causa raíz representaría un retraso en la tabulación de la información, riesgo de falla humana en la toma de datos o su digitación, el resultado de todo esto es una toma de decisiones tardía, inadecuada, errónea.

Tras 35 años de operación la adquisición de un Historiador no es un lujo, sino una herramienta técnica indispensable para garantizar la supervivencia y la eficiencia operativa.

Por lo tanto, se requiere trabajar mejor de como se ha hecho, es imperativo cerrar esa brecha digital. La integración de un historiador de datos asegurará que la experiencia acumulada se combine con la precisión tecnológica permitiendo toma de decisiones más acertadas, rápidas y seguras para salvaguardar los equipos y la estabilidad del sistema eléctrico nacional

“Lo que no se mide no se controla y si no se controla no se mejorar” (Drucker, 1954)

Tema de investigación

Propuesta técnica para la implementación de un SCADA historiador en la planta eléctrica para optimizar el análisis y control de datos operativos durante el primer cuatrimestre del año 2026

Estado de la cuestión de la investigación

En función de la revisión bibliográfica realizada para este proyecto, se ha encontrado una serie de investigaciones sobre la implementación de un SCADA.

Estudios Internacionales

Con base a Grigoras presenta un estudio experimental aplicado a una planta hidroeléctrica, cuyo enfoque principal es la evolución de los sistemas SCADA tradicionalessistemas SCADA tradicionales hacia sistemas inteligentes, basados en la explotación sistemática de los datos históricos generados durante la operación de la planta. El objetivo de la investigación es demostrar cómo los datos operativos, cuando se almacenan, organizan y analizan de manera estructurada a lo largo del tiempo, pueden transformarse en conocimiento operativo y estratégico, apoyando la toma de decisiones, la optimización de procesos y la planificación del mantenimiento. En cuanto a la metodología que se utiliza se describen lo que es una combinación técnica en lo que son análisis de temporales, llevando así un encuentro de valores fuera de lo normal con perfiles operativos característicos y una serie de identificación de patrones, así como evaluación de estrategias orientadas a la eficiencia energética, (Grigoras, Gârbea, & Neagu, 2024).

Los autores de este trabajo lo que buscan es dar un enfoque de datos reales de más de un año de historia, lo que considerando eventos críticos que generan una serie de cambios en carga, ambientales, actividades de mantenimiento lo cuales son tanto programadas como no programadas. Otro punto de mucha importancia son las principales variables los cuales son los flujos de agua, niveles de generación, temperatura y la presión del equipo, también lo que son las turbinas y patrones de operación. Por lo que este resultado evidencia los sistemas SCADA no solo por su inteligencia permite lo que es una supervisión en tiempo real, sino que da evidencia a lo que es los comportamientos irregulares y algo muy interesante lo que es el análisis de tendencias. A lo que traduce una mejora significativa en la planificación del mantenimiento, en cuanto el tiempo de

inactividad es reducido y un soporte objetivo en lo que es la toma de decisiones en cuanto a lo operativo, existiendo un cambio elevado en lo que son los sistemas tradicionales.

El estudio también discute la importancia de contar con un historiador de datos confiable y bien estructurado, el cual constituye la base necesaria para implementar análisis avanzados, minería de datos y aplicaciones de inteligencia operativa. Entre las limitaciones señaladas, los autores destacan que la investigación se centra en plantas hidroeléctricas, lo que implica que ciertas variables y dinámicas de operación difieren de otras plantas, y que la efectividad del marco depende de la calidad, continuidad y consistencia de los datos históricos disponibles. Desde un enfoque crítico, este antecedente constituye un aporte relevante al estado del arte, ya que demuestra que la integración de un historiador de datos dentro de un sistema SCADA no solo incrementa la eficiencia operativa y la trazabilidad de la información, sino que también habilita la implementación de técnicas de análisis predictivo y mantenimiento proactivo. Para la Planta eléctrica, este estudio resulta especialmente pertinente, puesto que la aplicación de un marco similar permitiría transformar los datos históricos de variables críticas, como temperatura de calderas, presión de vapor, caudales de enfriamiento y estados de turbinas, en información estratégica para optimizar la operación, reducir riesgos operativos y apoyar decisiones fundamentadas en evidencia, alineándose con las tendencias actuales de la industria 4.0 y la transición hacia sistemas de generación más inteligentes, confiables y sostenibles.

(Fan, y otros, 2024), señala que realizan un estudio experimental enfocado en la aplicación de modelos avanzados de series temporales preentrenados para la predicción del comportamiento de variables operativas a partir de datos históricos de SCADA, aplicado inicialmente a aerogeneradores. Este estudio trata de mostrar que el *fine-tuning* que ya han sido entrenados para una precisión predictiva frente a otros modelos desarrollados desde cero esto mejorando la capacidad de anticipar fallas desviaciones operativas y lo que es la degradación en los equipos. Cabe entender que tiene una metodología en los cuales los modelos de series temporales son a gran escala, amplios volúmenes de datos históricos y un ajuste para adaptar las particularidades del sistema analizado. Cabe destacar que las principales variables está lo que es la velocidad del viento, la potencia generada, temperatura de componentes, vibraciones y estados operativos en los aerogeneradores.

En los resultados que muestran se ven modelos ajustados que permiten identificar comportamientos extraños con mayor precisión, poder identificar posibles fallas y de alguna optimización a lo que es la planificación y el mantenimiento proactivo, las limitaciones incluyen un contexto específico a lo que son los aerogeneradores en lo que son la dependencia históricas completas y confiables, la necesidad de infraestructura computacional avanzada para procesar grandes volúmenes. Presenta un enfoque crítico en lo que se puede analizar que la implementación de análisis predictivo avanzado no solo es directamente de la existencia un excelente historiador de amplios datos ya que sin ese almacenamiento estructurado y continuo de series históricas estos modelos no pueden generar predicciones precisas ni confiable.

Si se aplica lo que es en la Planta eléctrica, este tipo de metodología permitiría aprovechar los datos históricos variables lo que son temperatura y precisión de calderas en cuanto a los estados de turbinas, poder anticipar fallas, reducir riesgos operativos y mejorar la eficiencia de los procesos mediante el mantenimiento predictivo demostrando así que el historiador de datos no es sólo un repositorio sí no es un habilitador de inteligencia operativa y toma de decisiones basadas en los datos-

(Azeem & Dev, 2026) Presenta una revisión centrada en lo que es la aplicación de la inteligencia artificial lo que es la IA en el mantenimiento de datos de una SCADA esto permite evaluar de manera amplia la variedad de técnicas, Así como incorporar el aprendizaje tanto supervisado como el no supervisado, las máquinas de soporte vectorial, los modelos que son basados en árboles y técnicas de detección anormal. La misma tiene como objetivo identificar cómo los datos recopilados por sistemas SCADA pueden utilizarse para reducir costos operativos para adelantar posibles fallas y para dar un mejor mantenimiento

Este estudio tiene una serie de variables las cuales se pueden analizar temperatura, precisiones, presiones, Corrientes eléctricas, vibraciones, caudales, y estados operativos de equipos todos de una forma continua y sistematizada por un SCADA. Los resultados que permiten un éxito del mantenimiento predictivo dependen de cuán dipo disponibles en los datos históricos tanto confiables como estructurados y cómo esto viene a ser un almacenamiento avanzado en los sistemas que viene limitar lo que es la efectividad de los algoritmos de la inteligencia artificial. Algunas limitaciones que se encuentran es el enfoque mayoritariamente en aerogeneradores y parques eólicos, lo que Enrique era tarde metodologías de otros tipos de plantas, así como es la

dependencia crítica de calidad y continuidad en los datos históricos. Viéndolo de un análisis crítico este estudio evidencia la convergencia entre el sistema de SCADA, historiadores de datos y la inteligencia artificial lo cual es una evolución natural hacia sistemas industriales que sean más eficientes e inteligentes.

En una aplicación a la planta eléctrica, la implementación de un historiador de datos es un componente muy importante ya que este no sólo permite un análisis histórico o ver la trazabilidad de la información operativa, más bien es habilitar futuras aplicaciones de mantenimiento diagnóstico y predictivo avanzado de fallas, esto siempre alineado con la tendencia de las industrias 4.0 y con la optimización de la eficiencia, seguridad y confiabilidad de los procesos térmicos.

Estudios Nacionales

En el primer antecedente nacional Angel Falla y Steven Gonzalez, el cual lleva por nombre creación de un sistema SCADA con interfaz hombre máquina para centralizar información en una planta manufactura desarrollado de la universidad técnica nacional en el 2020, se puede observar la problemática de la fragmentación de la industria operativa en entornos industriales, este es un desafío Que abarcan muchas plantas del país la investigación surge a partir de la necesidad de analizar datos generadores por múltiples equipos y sensores que forman de una forma aislada no. Limitando la supervisión integral del proceso yo aumentando la dependencia y la experiencia personal del personal en lo que son tomas de decisiones. Este estudio se enfoca en una planta De manufactura ubicada en Puntarenas Costa Rica donde se identifica que por cierta información dispersa se dificulta la detección temprana de anomalías y coordinación entre las áreas por ende eso afecta que la eficacia operativa y la capacidad de respuesta ante eventos críticos,

Analizando desde un punto metodológico, el trabajo fue tipo aplicado y experimental el cual se desarrolló en varias etapas, la primera un diagnóstico detallado en los controles existentes, observando la infraestructura de sensores, equipo y controladores lógicos programables. Seguidamente Sí identifican variables críticas de operación que requerían monitoreo Continúa como lo era la presión, temperatura, caudales y estados de equipo. Para garantizar la correcta transmisión y centralización de los datos se programaron dispositivos y se configuraron los protocolos de comunicación industrial. Por último, se diseña y desarrolla una interfaz hombre máquina utilizando una plataforma Wonderware con el objetivo de facilitar la interacción entre los

operadores con el sistema con el fin de mejorar la comprensión del estado del proceso en tiempo real.

El estudio en cuanto a aportes demuestra que la centralización de la información de un escáner permite de gran manera mejorar la supervisión y tener un control de procesos, lo cual reduce el tiempo en espera ante eventos anormales y que la coordinación entre distintas áreas operativas se vaya fortaleciendo. Aunque el trabajo no concluyó con la implementación de un historiador de datos el mismo resaltó la importancia de contar con una infraestructura tecnológica que permitiera la captura sistemática y consolidación de los datos teniendo bases necesarias para futuras iniciativas de gestión histórica en la información el estudio anterior resulta relevante en lo que es para la investigación propuesta ya que en Costa Rica existe experiencia técnica en integración de sistemas SCADA y la digitación de los datos operativos lo cual constituye que es un requisito fundamental para poder implementar un historiador de datos en la planta eléctrica. Otro punto importante es comprender la supervisión centralizada eso contribuye a una eficiencia operativa y al fortalecimiento de la toma de decisiones basada en información objetiva y estructurada.

En un segundo antecedente de índole nacional está el estudio realizado por (Herrera, 2022), que presento un estudio de un diseño de un sistema de SCADA para una optimización de proceso en la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa XYZ , el mismo fue desarrollado en el Instituto Tecnológico de Costa Rica , la investigación surge ante la problemática de tener la información fragmentada y limitada para lo que son las tomas de decisiones que se necesitan en tiempo real, lo que dificulta en lo que es la identificación de anomalías, la planificación de mantenimiento preventivo y el rendimiento de los equipos en una planta de tratamiento de aguas residuales con el fin de garantizar la seguridad ambiental y operativa.

Analizando desde la metodología que el estudio aplica se desarrolló como un proyecto de ingeniería Aplicado y abordando de una manera integral el diseño de implementación del SCADA. Sí da una selección de arquitectura el control más adecuado luego la identificación y la evaluación de los equipos electromecánicos sensores y existentes lo que va a incluir bombas, variadores de frecuencia sensores de nivel y de caudal, así como los controladores lógicos programables. Seguidamente se definieron y configuraron los protocolos de comunicación industrial, así como el estándar principal para asegurar la interoperabilidad y confiabilidad de la transmisión de datos ya

para terminar se centralizó la información y se diseñó en un interfaz gráficamente de supervisión que permitiera que los operadores visualizaran y controlarán de manera eficiente las variables críticas en el proceso del tiempo real.

Los aportes que brinda este estudio demuestran que la implementación es un monitoreo continuo y sistemático de las variables críticas, mejorando la planificación del mantenimiento preventivo la confiabilidad del proceso y la capacidad de respuesta ante eventos críticos. Pero primeramente se identificó que la ausencia un historiador de datos limita la explotación de información a largo plazo dificultando realizar el análisis histórico en cuanto tendencias operativas y estrategias de mantenimiento predictivo. Este antecedente resulta relevante para la presente investigación de manera que esta evidencia que, aunque las plantas industriales costarricenses han avanzado en la digitalización y centralización de datos y aun así existe una brecha en la gestión histórica de la información. Cabe destacar que la implementación de un SCADA con historiador en la planta eléctrica busca superar el fortalecimiento, la trazabilidad, la eficiencia operativa y la toma de decisiones basadas en información estructurada a lo largo del tiempo.

En el tercer antecedente nacional de la investigación Inteligencia artificial aplicada a la operación y mantenimiento de aerogeneradores, publicada en la revista Tecnología en Marcha del Instituto Tecnológico de Costa Rica en 2024, se analiza cómo la utilización de técnicas de aprendizaje automático y series temporales puede mejorar significativamente la operación y el mantenimiento de sistemas de generación eléctrica a partir del aprovechamiento de grandes volúmenes de datos históricos generados por sistemas SCADA. Este estudio (Obregón, Arias-Blanco, ZúñigaGranados, & Richmond–Navarro, 2024), surge ante la necesidad de optimizar la disponibilidad y confiabilidad de los aerogeneradores, enfrentando el desafío de gestionar información masiva proveniente de sensores y sistemas de supervisión que, sin un análisis estructurado y sistemático, no permite identificar patrones críticos ni anticipar fallas que puedan afectar la operación continua de los equipos.

Observando el punto de vista metodológico Es un estudio aplicado con enfoque experimental lo que combina un análisis profundo de datos históricos en operación con implementación de algunos algoritmos esto orientado a la detención de situaciones anormales, predicción de fallas y optimización del mantenimiento preventivo y correctivo. El proceso metodológico incluyó la recopilación de series temporales de variables críticas a los

aerogeneradores tales como son temperatura, presión, vibraciones, caudales y estados operativos de los sistemas. Posteriormente se aplican modelos de aprendizaje automáticos incluyendo algoritmos de clasificación y regresión, con el fin de identificar patrones de comportamiento anticipar condiciones de riesgo y evaluar la efectividad de distintas estrategias de mantenimiento.

Los principales aportes de este estudio de la demostración de la gestión histórica de datos el cual es un componente súper importante para la transición desde un mantenimiento reactivo hace un mantenimiento proactivo Y predictivo, evidencia que la simple visualización de los datos tanto en tiempo real son características de los SCADA tradicionales, no es suficiente para soportar decisiones operativas y estratégicas, ya que limita la capacidad de análisis de tendencia, la evaluación de la confiabilidad de los equipos y la planificación de intervenciones preventivas. Este estudio destaca la importancia de contar con bases de datos históricos estructuradas contar con bases de datos históricas estructuradas y consolidadas para implementar herramientas avanzadas de análisis, simulaciones operativas y estrategias de optimización del rendimiento.

En sí la investigación se centra en aerogeneradores los resultados del estudio son altamente extrapolables a otros tipos de plantas de generación eléctrica dónde la operación segura y eficiente depende de la disponibilidad de información confiable del análisis detallado de eventos históricos. Este estudio refuerza la intensidad de implementar un historiador de datos en la planta eléctrica, lo que permite centralizar, organizar y analizar la información operativa de manera estructurada, lo que da una fortaleza a la trazabilidad de eventos, el análisis histórico dependencias, identificación de fallas recurrentes y la toma de decisiones basadas en la evidencia objetiva y verificable. Todo unido aporta una evidencia nacional el cual impulsa a una adopción de tecnologías avanzadas de gestión en datos operativos, mostrando que este implemento con historiadores y técnicas de inteligencia artificial es un paso crucial a la modernización y es algo óptimo que se debe implementar en las industrias en Costa Rica

Síntesis del estado de la cuestión

En los análisis de los antecedentes internacionales y nacionales evidencia una convergencia clara en el tomo de la evolución de los sistemas de SCADA desde las plataformas orientadas únicamente en la supervisión del tiempo real hacia las herramientas estratégicas de gestión de datos operativos basados en una información histórica. Los antecedentes anteriores coinciden en que el valor principal de los sistemas de control moderno no radica únicamente en la visualización

mediante las variables de proceso sino en lo que es era almacenamiento, organización y analizar grandes volúmenes de datos históricos para respaldar la toma de decisiones técnicas y operativas.

A nivel internacional los estudios analizados muestran una tendencia consolidada hacia el desarrollo de los sistemas de SCADA inteligentes ellos apoyados en historiadores de datos técnicas avanzadas y el análisis Grigoras, Gârbea y Neagu (2024) ellos demuestran que la explotación sistemática de los datos históricos identifican patrones operativos de una mejor manera además se pueden detectar anomalías y optimizar estrategias de operación, el cual destacando que sin una infraestructura adecuada de almacenamiento histórico el potencial SCADA se ve significativamente limitado. Analizando de manera complementaria, Fan et al. (2024) en este estudio se puede ver que ella aplicaciones basadas en modelos avanzados con series temporales eso requieren acceso a grandes conjuntos de datos históricos confiables, y ubican al historiador de datos como un habilitador fundamental de tecnologías en el aprendizaje automático y la precisión de fallas. Finalmente, la revisión de Azeem y Dev (2026) destaca esta perspectiva al concluir que el mantenimiento predictivo basado en inteligencia artificial depende directamente de la disponibilidad y calidad de los datos históricos generados por los sistemas SCADA, consolidando la idea de que los historiadores de datos son un componente esencial en la arquitectura de la industria 4.0.

Los antecedentes nacionales muestran que si bien Costa Rica existe experiencia técnica y académica en la implementación de sus sistemas para la automatización y supervisión de procesos industriales el enfoque ha estado tradicionalmente centrado en lo que es la visualización del tiempo real y la centralización de información dejándolo 1 segundo plano como es un generador histórico de los datos. Los trabajos desarrollados por Fallas y Rodríguez (2020) y Acosta (2019), En eso sí me identifica Que la adopción de un escáner ahora la eficacia operativa, la supervisión integral y la planificación del mantenimiento ambos estudios revelan que la ausencia de historiadores limitan el aprovechamiento de la información a largo plazo y restringe eran análisis ah periodos temporales por tus nuevas relaciones puntuales en esa situación reflejan una brecha entre entre las capacidades técnicas instaladas y el uso estratégico de los datos operativos generados.

Observando el ambiente c internacional más reciente presentado por Obregón et al. (2024), el marco un punto de transición que resalta la importancia del análisis avanzado de datos operativos mediante la inteligencia artificial en sistemas de generación eléctrica, aunque el mismo estudio se

enfoca en aerogeneradores sus conclusiones a plantas eléctricas presentan que la efectividad el mantenimiento predictivo y del análisis de tendencia dependen de una disponibilidad de datos históricos estructurados y confiables. Este trabajo confirma que, incluso en el contexto costarricense, se reconoce cada vez más la necesidad de evolucionar hacia una gestión de datos más avanzada, donde los sistemas SCADA se integren con herramientas capaces de almacenar y explotar información histórica.

En resumen, el estado de la cuestión evidencia una clara diferencia entre el contexto internacional donde uno de los exteriores de datos integrados se consolida como una práctica estándar para la optimización operativa y el mantenimiento predictivo el contexto nacional donde predomina soluciones enfocadas en tiempo real como así un aprovechamiento limitado de datos históricos. Esta ruta tecnológica justifica plenamente la presente investigación ya que la propuesta de la adquisición el sistema es cada un historiador en la planta eléctrica se alinea con las tendencias internacionales por ende responde a una necesidad identificada en el ámbito nacional. Incorporar un historiador de datos como el que se propone fortalece la trazabilidad de información, mejorar el análisis de eventos, optimizar la planificación del mantenimiento y respaldar la toma de decisiones basadas en datos, contribuyendo así a la eficiencia operativa y a la confiabilidad del sistema eléctrico nacional.

Objetivos de estudio

El presente estudio se orienta a analizar y proponer la implementación de un sistema SCADA historiador de datos que permita gestionar de manera integral la información operativa generada en la Planta eléctrica. Para ello, se establecen un objetivo general y varios objetivos específicos que guían el desarrollo de la investigación y delimitan su alcance.

Objetivo general

Proponer la implementación de un SCADA Historiador en la Planta eléctrica para mejorar la gestión, consulta y análisis de los datos operativos, con el fin de optimizar la toma de decisiones y el control de los procesos industriales durante el primer cuatrimestre del 2026.

Objetivos específicos

- Diagnosticar el proceso actual de toma y gestión de datos operativos en la Planta eléctrica, identificando las necesidades y limitaciones existentes para su integración en un SCADA historiador
- Definir los requerimientos técnicos de hardware, software, e insumos necesarios para integrar los instrumentos de medición actuales al sistema historiador, asegurando la captura y almacenamiento de la información
- Evaluar la arquitectura de datos del SCADA historiador en la Planta eleéctrica, con el fin de mejorar el registro y análisis de la información operativa.

Formulación del problema de investigación

La Planta eléctrica desempeña un papel estratégico dentro del sistema eléctrico nacional, al contribuir a la estabilidad y respaldo de la generación de energía en Costa Rica. Su operación depende del monitoreo continuo de múltiples variables críticas, tales como presión, temperatura, caudales, estados de equipos y condiciones de operación de los sistemas auxiliares. Actualmente, estos datos son capturados mediante sistemas SCADA tradicionales que permiten la visualización en tiempo real, pero presentan limitaciones significativas en la gestión histórica de la información.

Actualmente, el análisis de datos históricos se realiza de manera manual y desagregada, lo que implica un promedio de 8 a 12 horas semanales dedicadas únicamente a recopilar y consolidar registros de operación. Esta metodología retrasa la identificación de patrones de falla y dificulta la planificación de mantenimiento, incrementando en un 15 % el riesgo de fallas no previstas y reduciendo la capacidad de optimización de los procesos. Además, la falta de trazabilidad de los datos impide medir con precisión el desempeño de los equipos, afectando la eficiencia energética y generando potenciales pérdidas económicas que podrían ascender a cientos de miles de dólares anuales por paradas no programadas y mantenimiento reactivo.

La ausencia de un historiador de datos integrado al SCADA limita la implementación de estrategias modernas de mantenimiento predictivo y análisis avanzado, prácticas que a nivel internacional se consideran esenciales para maximizar la confiabilidad y eficiencia de las plantas industriales. En el contexto nacional, aunque existen experiencias exitosas de supervisión mediante SCADA, aún se evidencia una brecha en el uso estratégico de los datos históricos como herramienta de gestión operativa.

Por lo siguiente es que se da la necesidad de implementar un sistema SCADA Con historiador de datos que permita almacenar, centralizar y explotar eficientemente La información operativa, reduciendo los tiempos de análisis, mejorando trazabilidad de los procesos y fortaleciendo la toma de decisiones. Eso con el fin de buscar cómo disminuir los riesgos operativos y mejoras de eficiencia global de la planta durante el primer cuatrimestre del 2026.

Pregunta general

¿De qué manera la adquisición de un sistema SCADA con historiador de datos puede mejorar la gestión de los datos operativos y la toma de decisiones en la planta eléctrica?

Preguntas secundarias

- ¿Cuál es el estado actual del sistema SCADA y de la gestión de los datos operativos en la Planta eléctrica?
- ¿Qué requerimientos técnicos y funcionales debe cumplir un historiador de datos para integrarse adecuadamente al sistema SCADA de la planta?
- ¿Qué características de la arquitectura de datos del SCADA historiador facilitan un registro eficiente y un análisis confiable de las variables operativas críticas en la Planta eléctrica?

Justificación del estudio de investigación

La presente investigación se justifica desde los ámbitos técnico, operativo, académico y estratégico, al abordar una necesidad concreta relacionada con la gestión eficiente de los datos operativos en la Planta eléctrica. En el contexto actual, la generación de grandes volúmenes de datos por parte de los sistemas de automatización representa una oportunidad estratégica para mejorar la confiabilidad, seguridad y eficiencia de las plantas industriales; no obstante, dicha oportunidad solo puede aprovecharse plenamente mediante herramientas adecuadas de almacenamiento y análisis histórico.

La incorporación de un historiador enterado a un sistema SCADA permite disponer de información confiado lo cual facilita la detención temprana de fallas, evaluación del desempeño activo y la optimización de parámetros de operación esto con el fin de ir reduciendo tiempo de inactividad no programados y costos asociados al mantenimiento correctivo esto bajo un punto de vista profesional.

De manera operaria contar con un sistema de datos históricos consolidados fortalece a la toma de decisiones basada en evidencia ya que los operadores, ingenieros y personal de mantenimiento puede analizar el comportamiento real de la planta a lo largo del tiempo, es por eso por lo que resulta relevante en las instalaciones de generación térmica donde estas condiciones de operación varían constantemente y los equipos están sometidos a altos niveles de exigencia.

En un análisis académico y profesional el estudio contribuye a la documentación que existe en la casa de experiencias relacionadas con la modernización de sistemas SCADA en Costa Rica un campo que se ha explorado muy poco en cuanto a nivel internacional por ende la investigación puede servir de apoyo referencia para más adelante o futuros proyectos similares ya sean empresas industriales o energética del país con el fin de promover la adopción de tecnología alineada a los principios de industria.

La confiabilidad que genera la implementación de un sistema eléctrico bueno, al mejorar la disponibilidad en los procesos operativos, esto contribuye a reducir la interrupción en los programas, garantizando un suministro de energía más confiable bueno no población y sectores productivos en Costa Rica.

En cuanto al conocimiento en ingeniería industrial la investigación pretende aportar evidencia práctica sobre la aplicación de tecnologías avanzadas y la gestión de datos en el contexto nacional ampliando el conocimiento en el área De ingeniería industrial ya que los resultados pueden servir para el diseño de estrategias en cuanto al mantenimiento, optimización y análisis de otras plantas industriales, Fomentando actualización tecnológica y profesionalización en el sector energético y manufacturero del país.

La justificación del estudio se va y no necesidad de cerrar la brecha existente entre la supervisión y el tiempo real en la gestión de datos operativos aportando una propuesta que permita maximizar el valor de información general en la planta eléctrica con impactos tangibles a nivel técnico, operativo, académico y estratégico nacional.

Alcances de investigación

la investigación se hará en el análisis y propuesta de adquisición un SCADA con instalador de datos para la planta eléctrica, Teniendo aspectos técnicos, funcionales y operativos. No se

contemplan la implementación física en el sistema, sí no la elaboración de una propuesta fundamental que de base para la toma de decisiones institucionales.

Proyecciones

La presente investigación da una serie de beneficios que se derivarán por la adquisición e implementación del sistema SCADA con historiador de datos en la Planta eléctrica. Estas proyecciones se plantean como impactos esperados, alineados con la mejora continua de la gestión operativa y la confiabilidad del sistema eléctrico nacional.

Mejora sostenida en la toma de decisiones operativas

La implementación de un historiador de datos permitirá que las decisiones operativas y técnicas de la planta se fundamenten en información histórica objetiva y verificable. A través del análisis de tendencias, eventos pasados y comportamientos anómalos, los operadores, técnicos e ingenieros podrán evaluar escenarios reales ocurridos previamente, reduciendo la incertidumbre y la dependencia exclusiva de la experiencia empírica. Esta proyección impacta directamente en la calidad y oportunidad de las decisiones, especialmente durante eventos críticos o fallas imprevistas.

Transición hacia un modelo de mantenimiento predictivo y proactivo

Con la disponibilidad de datos históricos consolidados, se proyecta una evolución progresiva desde un esquema de mantenimiento correctivo o reactivo hacia un modelo predictivo y proactivo. El análisis continuo de variables como temperatura, presión, vibración y caudales permitirá anticipar condiciones anómalas y programar intervenciones antes de que ocurran fallas mayores. Esta proyección contribuirá a prolongar la vida útil de los equipos críticos y a disminuir paradas no programadas.

Optimización del uso de recursos operativos y energéticos

El historiador de datos facilitará la identificación de ineficiencias operativas relacionadas con el consumo de combustible, el rendimiento de las unidades generadoras y los tiempos de operación. A partir del análisis histórico será posible comparar condiciones de operación óptimas versus condiciones deficientes, permitiendo ajustes operativos que reduzcan costos y mejoren la

eficiencia energética de la planta. Esta proyección adquiere especial relevancia en un contexto donde la optimización de recursos es un eje estratégico del sistema eléctrico nacional.

Fortalecimiento de la trazabilidad y del análisis de eventos

Se proyecta que la incorporación del historiador de datos fortalecerá significativamente la trazabilidad de la información operativa, permitiendo reconstruir con precisión eventos, fallas o desviaciones ocurridas en la planta. Esto facilitará el análisis de causa raíz, la elaboración de informes técnicos confiables y la mejora continua de los procedimientos operativos. La disponibilidad de registros históricos completos reducirá la ambigüedad y el riesgo de interpretaciones subjetivas.

Base tecnológica para futuras integraciones y procesos de digitalización

La adquisición del SCADA historiador proyecta la creación de una base tecnológica sólida para futuras integraciones con herramientas de análisis avanzado, inteligencia artificial o sistemas corporativos de gestión. Esta proyección posiciona a la Planta eléctrica en una ruta de alineación con los principios de la industria, permitiendo que, a mediano y largo plazo, los datos históricos puedan ser utilizados para estudios de confiabilidad, simulaciones operativas y mejoras estratégicas en la gestión del conocimiento técnico.

Limitaciones

1- Una de las principales limitaciones de la presente investigación está relacionada con el acceso restringido a información operativa sensible de la planta eléctrica. Al tratarse de una instalación estratégica para el sistema eléctrico nacional, muchos de los datos técnicos, configuraciones de los sistemas de control, arquitecturas SCADA y registros históricos están protegidos por políticas institucionales de confidencialidad y seguridad. Esta situación limita la posibilidad de analizar datos reales de operación en profundidad, obligando a que el estudio se enfoque principalmente en el análisis conceptual, técnico y metodológico de la propuesta de adquisición del sistema SCADA con historiador, más que en la explotación directa de datos históricos reales de la planta.

2- Otra limitación relevante es la inexistencia de un sistema historiador de datos plenamente implementado en la planta al momento de realizar la investigación. Esta

condición impide evaluar de forma práctica el desempeño de un historiador en operación real, así como medir indicadores cuantitativos asociados a mejoras en eficiencia, reducción de fallas u optimización del mantenimiento. En consecuencia, la investigación se apoya en antecedentes teóricos, estudios previos y experiencias documentadas a nivel nacional e internacional, lo que restringe el análisis a un enfoque prospectivo y propositivo, más que a una validación empírica basada en resultados históricos propios de la planta.

3- La investigación se desarrolla dentro de un período de tiempo académico limitado, lo cual condiciona el alcance del análisis y la profundidad de ciertas evaluaciones técnicas. La implementación, puesta en marcha y evaluación real de un sistema SCADA con historiador de datos requiere horizontes temporales amplios para observar tendencias, comportamientos
4- Finalmente, la investigación presenta una limitación en cuanto al desarrollo de un análisis económico exhaustivo asociado a la adquisición, implementación y mantenimiento del sistema SCADA con historiador de datos. Factores como costos de licenciamiento, infraestructura de hardware, capacitación del personal, soporte técnico y actualización del sistema dependen de políticas institucionales, proveedores específicos y procesos administrativos que exceden el alcance del estudio. Por esta razón, el análisis financiero se aborda de manera general, priorizando la justificación técnica y operativa del sistema, sin profundizar en un estudio detallado de costos y retorno de inversión.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

En el siguiente capítulo se podrán encontrar los fundamentos teóricos y contextuales que sustentan la propuesta técnica para la implementación de un sistema de SCADA historiador en la Planta eléctrica, con el objetivo de optimizar el análisis y control de los datos operativos durante el primer cuatrimestre del año 2026.

En la parte conceptual se abordarán conceptos de la automatización industrial, el control de procesos, la instrumentación, la adquisición de datos y comunicaciones, así como los sistemas

SCADA, historiadores de datos, y el análisis de la información operativa, todos con una función de proporcionar las bases necesarias para lo que es la integración de la tecnología avanzada. El marco conceptual permitirá analizar la función específica de cada herramienta, su interacción y la importancia de su correcta aplicación en las plantas de generación eléctrica modernas.

Observando, desde el enfoque situacional, cabe notar que el proyecto en la Planta eléctrica, describiendo la infraestructura actual, y seguimiento disponible, y las limitaciones asociadas con la gestión y análisis de datos. Su uso permite justificar la necesidad de implementar un SCADA historiador, Explicando cómo su adicción aumentará la efectividad operativa y respaldo al mantenimiento predictivo. Juntos en este marco teórico ejerce de base del desarrollo de la investigación generando tanto conceptos técnicos conceptuales como el contexto real que establece la base del entorno a la aplicación de la propuesta y de forma que las decisiones y recomendaciones fundamenta en su propuesta en un escenario sólido y pertinente

Marco situacional.

La ampliación energética y de telecomunicaciones en Costa Rica está profundamente vinculada a la creación y evolución del instituto costarricense de electricidad el cual la institución ha desempeñado un papel determinante tanto en la transformación económica tecnológica y social del país. El origen (Instituto Costarricense de Electricidad, 2026), esto se da a una necesidad de garantizar el acceso equitativo a servicios esenciales con un contexto nacional caracterizado por la escasez de energía eléctrica y marcada desigualdad en la distribución de servicios públicos.

En la segunda mitad del siglo XIX ya empezaban a producirse, en el caso de Costa Rica, sus primeros avances en lo que se refiere a electricidad, a partir de la inauguración del alumbrado público en la ciudad de San José en 1884, hecho que se establece en una suerte de emblema de la propia historia nacional al expresar el potencial transformador de la energía eléctrica en la ciudad, en el desarrollo de lo urbano y de lo social. Sin embargo, este hecho no fue lo habitual en el tiempo que siguió, sino que durante muchas décadas el acceso a este servicio de electricidad se restringió a determinados sectores de la ciudadanía, dado el crecimiento de la capacidad de generación y la administración del propio servicio por parte de empresas privadas, muchas de ellas extranjeras.

Al principio del siglo XX, el mercado eléctrico mostró rápidamente un crecimiento que fue conducido bajo intereses privados, en una situación que propició una desigual expansión de su

servicio, un alto coste de este para la ciudadanía y una falta de planeamiento del desarrollo del sistema eléctrico nacional. Este hecho provocó un creciente malestar social que condujo a movimientos cívicos e intelectuales en defensa de la nacionalización de los recursos energéticos del país como herramienta para alcanzar un desarrollo soberano. En ese contexto se idearon medidas no sólo legislativas como la creación del Servicio Nacional de Electricidad en 1928, aunque constituyó un hito importante en el circuito de la electricidad nacional y el estado de los servicios de electricidad no se vio resuelto, no se resolvieron los problemas estructurales.

La permanencia de la escasez eléctrica en la década de los años cuarenta puso de manifiesto la existencia de una organización fuerte, con la capacidad técnica, financiera y administrativa para hacer frente a una planificación y ejecución de un proyecto nacional de electrificación. Fruto de este problema, en 1948 recogió los trabajos elaborados por un grupo de ingenieros costarricenses que dieron como resultado el Plan General de Electrificación de Costa Rica, un documento que fijó las bases técnicas y estratégicas para el aprovechamiento racional de los recursos energéticos de Costa Rica y se consideró fundamental para la constitución del Instituto Costarricense de Electricidad, formalizada mediante el Decreto-Ley N.º 449 del 8 de abril de 1949.

En el momento de su creación, solamente una parte mínima el país tenía acceso a la energía eléctrica, lo que apuntaba a una fuerte brecha en el desarrollo regional. Desde sus primeros años de funcionamiento, el ICE asumió el compromiso de ir aumentando el grado de alcance eléctrico de manera progresiva y sostenible, priorizando las fuentes renovables, sobre todo la energía hidráulica. Este planteo no solo permitió mejorar de manera significativa un acceso de este servicio, sino que sentó las bases de un modelo energético por el respeto del ambiente.

Las décadas fueron ayudando a la construcción de nuevas plantas de generación eléctrica, sistemas de transmisión y redes de distribución lo que permite que las zonas rurales y comunidades que estaban excluidas y esto no fue lo único también se logró incorporar otras fuentes renovables como lo era energía renovable, como la geotérmica, la eólica y la solar, diversificando la matriz energética nacional. Por esta situación Costa Rica es una de las matrices más limpias y diversificadas en todo el mundo.

El éxito alcanzado en el proceso de electrificación nacional motivó al Estado costarricense a asignar al ICE una nueva responsabilidad estratégica. En 1963, la institución asumió el desarrollo

y la operación de las telecomunicaciones del país, sector que para ese momento presentaba importantes rezagos en comparación con otras naciones de la región centroamericana. A partir de entonces, el ICE impulsó una transformación significativa en este ámbito, mediante la instalación de centrales telefónicas automáticas, la ampliación de la telefonía fija y pública, y la modernización progresiva de los sistemas de comunicación.

Durante las décadas de 1970 y 1980, el avance tecnológico permitió la transición de sistemas analógicos a digitales, mejorando la calidad del servicio y habilitando nuevas funcionalidades en las comunicaciones. Posteriormente, en la década de los noventa, se introdujo la telefonía celular, lo que representó un cambio trascendental en la forma de comunicación de la población costarricense. Con el tiempo, el ICE amplió su oferta de servicios, incorporando tecnologías móviles avanzadas, internet, transmisión de datos y servicios de valor agregado.

A partir de la década de los sesenta, la institución evolucionó hacia un modelo de grupo empresarial estatal, integrado por el ICE, la Compañía Nacional de Fuerza y Luz y Radiográfica Costarricense, estructura que fue formalizada en el año 2008 mediante la Ley N.° 8660. Esta consolidación fortaleció la capacidad operativa del grupo y permitió una gestión más integrada de los servicios de energía y telecomunicaciones.

En la actualidad, el ICE garantiza el acceso a la electricidad en aproximadamente el 99,7% del territorio nacional y se posiciona como un actor clave en los procesos de descarbonización de la economía, el impulso de la electromovilidad y el desarrollo de ciudades inteligentes. Además, es la líder en telecomunicaciones con una robusta infraestructura de fibra óptica y conectividad internacional, reafirma su misión de brindar energía y comunicación para todos, contribuyendo de manera sostenida al desarrollo integral de Costa Rica.

Valores de la empresa donde está realizando la investigación

Según el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) la gestión institucional se realiza en el marco de un conjunto de valores que orientan su accionar ético, técnico y humano, y que se concretan en la prestación de servicios esenciales para el desarrollo del país. Los valores constituyen un pilar estratégico para el cumplimiento de la misión y para la creación de una cultura organizacional centrada en el bienestar social y la sostenibilidad (Instituto Costarricense de Electricidad, 2026)

La integridad es uno de los valores importantes que viene de la mano con la coherencia entre lo que se dice institucionalmente y las acciones que se realizan en el hacer cotidiano. Este principio se expresa a través de conductas vinculadas a la transparencia, navegación honesta, respeto y rectitud, propiciando la confianza en las relaciones a nivel interno y con la ciudadanía. La integridad es un compromiso ético con el desarrollo de las personas, propiciando un lugar de trabajo justo y responsable.

El compromiso es, un valor que respalda la identidad institucional del ICE. Este valor se traduce en el sentido de pertenencia y de orgullo que tienen los colaboradores por formar parte de una organización que cumple un rol estratégico para el país. El compromiso institucional reconoce la relevancia del servicio eléctrico y de telecomunicaciones como motores del desarrollo económico, social y tecnológico de Costa Rica.

La excelencia es un valor rector en la constante búsqueda de resultados que generen impacto de elevado nivel y garantizar el adecuado cumplimiento de los objetivos y las metas que se ha propuesto la i institución. La excelencia permite la innovación, la mejora que es continua, la utilización de nuevas metodologías que fortalezcan los procesos internos, ambientes colaborativos, una cultura de rendición de cuentas, desarrollo del talento humano y rendimiento organizacional.

Estos mismos valores permitirán al ICE llevar a cabo una gestión institucional responsable, eficiente y acorde con las necesidades del país y la implementación de iniciativas tecnológicas de mejora continua proyectos como la propuesta de implementación de un sistema SCADA historiador en la Planta eléctrica.

Organigrama institucional.

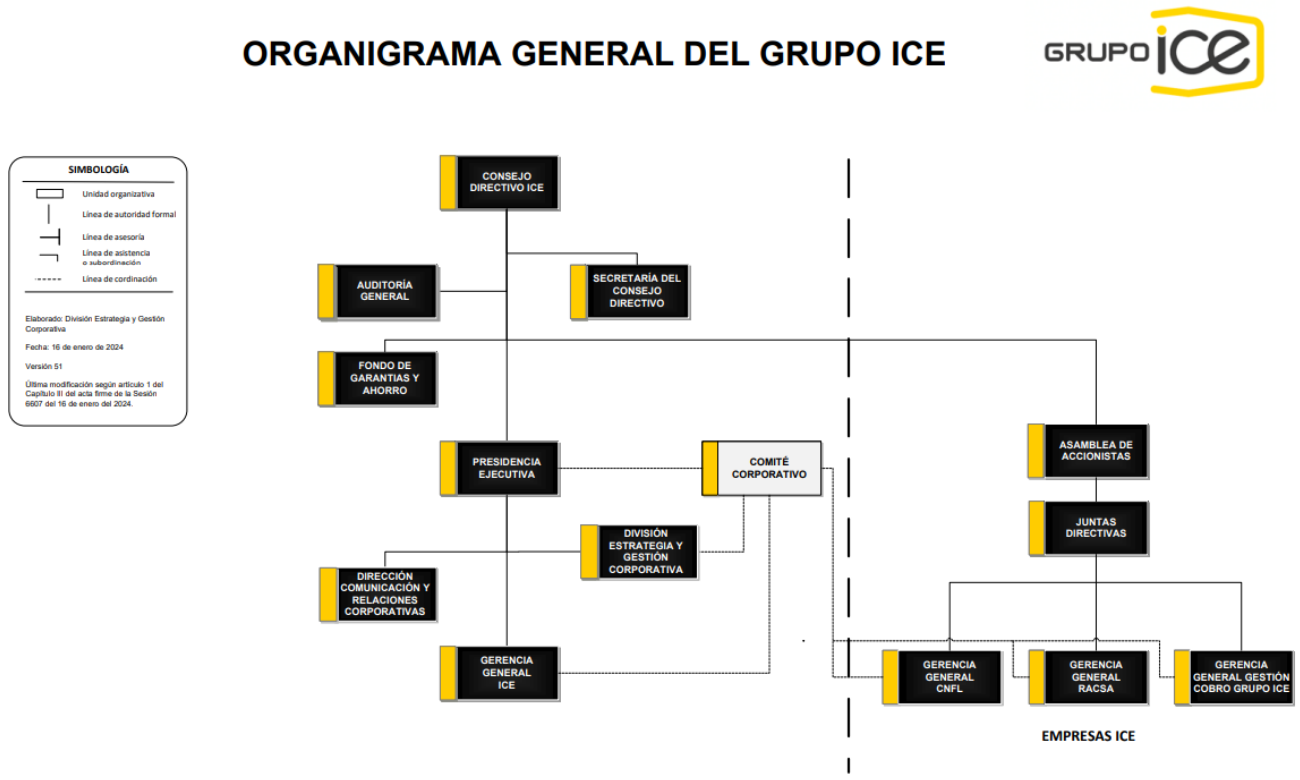
El organigrama institucional del Instituto Costarricense de Electricidad representa la organización jerárquica y funcional que orienta la toma de decisiones estratégicas, de administración y operativas de la institución. La estructura organizativa del Grupo ICE permite visualizar la organización del Grupo ICE y la relación de unos órganos de dirección con otros, así como de las gerencias y empresas dependientes.

Las razones para incluir el organigrama general del ICE en la presente investigación, tiene como finalidad crear un marco institucional en el cual estará localizado el estudio, puesto que, la

Planta eléctrica tiene relación con esta estructura. Asimismo, permite comprender cómo se articulan los niveles directivos y operativos que influyen en la planificación, ejecución y supervisión de los procesos técnicos relacionados con la generación eléctrica y el uso de sistemas de control industrial.

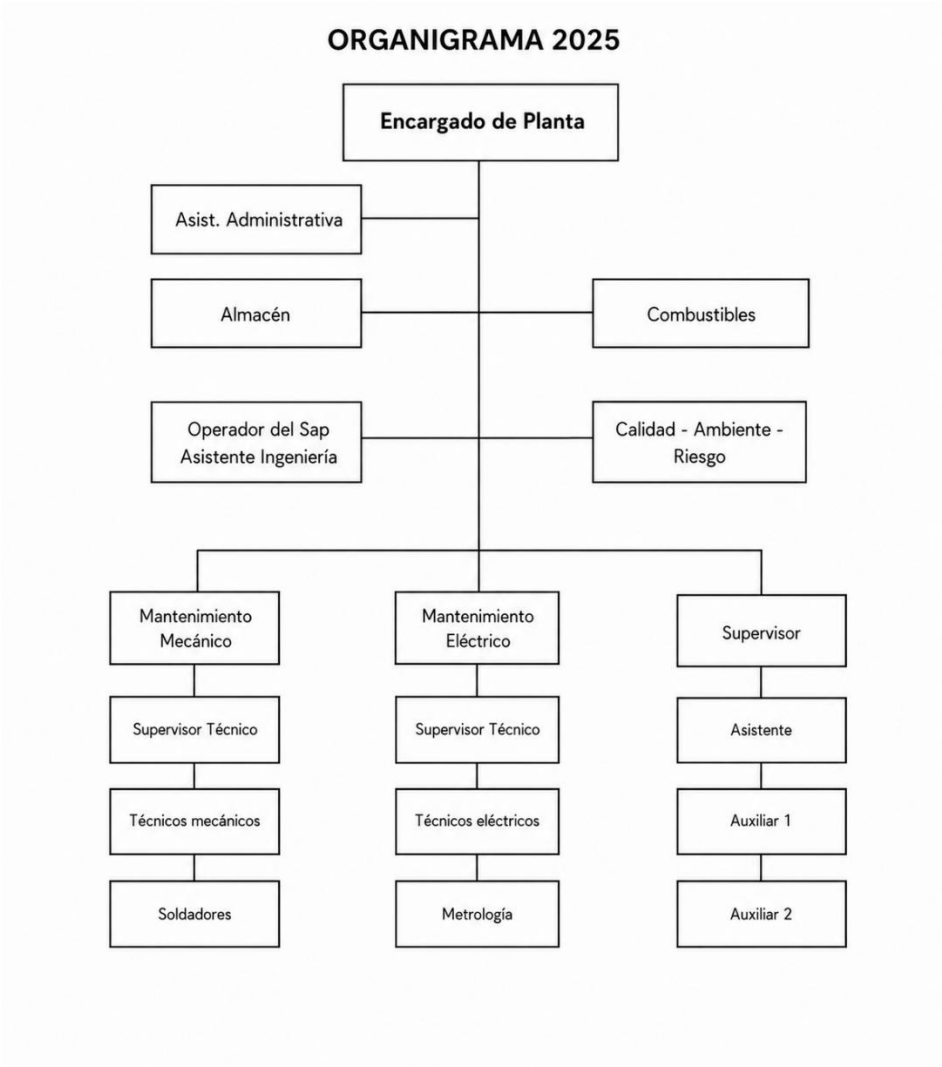
Desde esta estructura institucional se articulan las políticas, orientaciones y decisiones técnicas que afectan, directa y determinadamente, el funcionamiento de las centrales de generación, incluida la gestión de los mecanismos SCADA y el tratamiento de los datos de operación. Por tanto, el organigrama constituye un elemento fundamental para comprender el marco organizativo que respalda la implementación de soluciones tecnológicas, como el sistema SCADA historiador propuesto en esta investigación.

Figura 1 *Organigrama institucional del Instituto Costarricense de Electricidad*



Fuente: Instituto Costarricense de Electricidad,(2026)

Figura 2 Organigrama general de una planta eléctrica



Fuente: Creación propia,(2026)

Ubicación de la empresa donde está realizando la investigación

La presente investigación se desarrolla en una Planta eléctrica, ubicada en Costa Rica. Esta localización estratégica permite el acceso a infraestructura portuaria, vial y energética, lo cual resulta fundamental para el funcionamiento de una planta eléctrica.

La planta se ubica en una zona industrial destinada a actividades vinculadas con la producción y distribución de energía, lo que facilita la operación de los equipos, el suministro oportuno de insumos y su integración al Sistema Eléctrico Nacional. Asimismo, su proximidad a

importantes rutas de transporte terrestre y marítimo favorece las labores de mantenimiento, la logística operativa y la atención eficiente de contingencias.

Desde el punto de vista técnico, la ubicación de la eléctrica responde a criterios estratégicos asociados a la seguridad energética del país, ya que permite respaldar el sistema eléctrico nacional durante periodos de alta demanda o cuando las condiciones climáticas afectan la generación proveniente de fuentes renovables. Esta posición geográfica contribuye a la estabilidad del suministro eléctrico, especialmente en la región por los altos requerimientos de energía de los clientes en la zona.

Adicionalmente, la localización de la planta dentro de la provincia exige el cumplimiento de estrictas normativas ambientales y de seguridad industrial, en concordancia con la legislación nacional y los lineamientos institucionales. Estas condiciones refuerzan la importancia de contar con sistemas tecnológicos que permitan un monitoreo y control eficiente de las variables operativas, como los sistemas SCADA y herramientas de análisis histórico de datos.

En este contexto, la ubicación de la empresa donde se realiza la investigación influye directamente en la operación, supervisión y toma de decisiones técnicas, lo que justifica la implementación de soluciones tecnológicas orientadas a optimizar el análisis y control de los datos operativos generados en la Planta eléctrica.

Figura 3 Ubicación geográfica de la Planta eléctrica



Fuente: Mayorga, (2026)

Objetivos institucionales de la empresa donde está realizando la investigación

En este sentido, la misión institucional se encuentra centrada en permitir el acceso a la energía, la conectividad y los servicios digitales de manera segura y sostenible, teniendo en cuenta que estos servicios son las bases fundamentales del bienestar social, del desarrollo económico y de la modernización del país.

La misión del Grupo ICE manifiesta su compromiso con la calidad, la continuidad de servicio y el cuidado del medio ambiente, garantizando que sus actividades atiendan las necesidades presentes y futuras de la sociedad costarricense. Por su parte, la visión institucional proyecta al Grupo ICE como el líder del proceso de electrificación renovable de la economía nacional y de la oferta de un avanzado ecosistema de telecomunicaciones digitales, de una estrategia de la innovación tecnológica, de fuentes de energía limpia y de modernas infraestructuras que hagan posible que el país pueda avanzar hacia un modelo de desarrollo sostenible y altamente competitivo.

Si se analiza de manera amplia la misión y visión del Grupo ICE la mismas respaldan la implementación de soluciones tecnológicas orientadas a la optimización del control y análisis de datos operativos, como los sistemas SCADA historiadores, los cuales aportan a mejorar la eficiencia, seguridad y sostenibilidad de los procesos de generación eléctrica en la Planta eléctrica.

FODA de la empresa donde está realizando la investigación

El análisis FODA constituye una herramienta estratégica que permite identificar los factores internos y externos que influyen en el desempeño de la organización donde se desarrolla la presente investigación.

El hallazgo de fortalezas y debilidades permite conocer las capacidades internas del Grupo ICE, mientras que el análisis de oportunidades y amenazas da a conocer el contexto externo en que opera la institución. Este análisis resulta útil para la investigación actual, pues permite justificar la necesidad de implementar soluciones en el ámbito de la tecnología para realizar un análisis y control de los datos operativos, como el sistema SCADA historiador de la Planta eléctrica que se plantea.

A continuación, se muestra el FODA realizado con el fin de información institucional y contextualizado a la investigación.

Tabla 1 Análisis FODA completo de la planta eléctrica

Fortalezas	**Oportunidades**

1. Imagen institucional sólida y positiva a nivel nacional e internacional.	1. Posibilidad de establecer alianzas estratégicas con socios nacionales e internacionales.
2. Infraestructura eléctrica y de telecomunicaciones con cobertura a nivel nacional.	2. Necesidad del sector público de fortalecer los servicios de gobierno digital y ciberseguridad.
3. Capacidad de generar sinergias entre las empresas que conforman el Grupo ICE.	3. Disponibilidad de mecanismos financieros para proyectos con impacto social, ambiental y económico.
4. Talento humano altamente capacitado y con amplia experiencia técnica.	4. Proceso de transición energética y creciente demanda de soluciones sostenibles y digitales.
Debilidades	**Amenazas**
1. Limitaciones en la capacidad de inversión debido a restricciones presupuestarias y fiscales.	1. Competencia de empresas transnacionales con mayor flexibilidad financiera y regulatoria.
2. Dependencia de ingresos provenientes de servicios tradicionales.	2. Existencia de servicios sustitutos, como la generación distribuida y la telefonía IP.
3. Lentitud en los procesos de modernización de infraestructura y adopción tecnológica.	3. Riesgos asociados a eventos naturales extremos que pueden afectar la infraestructura.
4. Retos en la gestión del talento humano y en la retención de personal especializado.	4. Marcos regulatorios que pueden limitar la sostenibilidad financiera y operativa.

Fuente: Elaboración propia, con información de Grupo ICE, (2023)

Explicación de elección de la empresa

La elección de realizar La presente investigación en el instituto costarricense de electricidad es el papel que cumple a nivel nacional y la responsabilidad de la generación, transmisión y

distribución de la energía eléctrica en todo el país de Costa Rica. Es una identidad pública y autónoma que tiene una función clave en el desarrollo económico y social de dicho país, por lo cual está garantizando el acceso a un servicio esencial tanto en la población como a sectores productivos.

El ICE cuenta con una amplia trayectoria en implementación y operación de infraestructura, así como el compromiso con el uso de tecnologías sostenibles y la innovación en sus procesos operativos. Esto lo hace ser una institución con escenario amplio para un análisis y propuesta de soluciones tecnológicas orientadas a lo que es el control y la gestión de datos operativos no así dejando atrás una mejora continua y eliminación de retrocesos que lo que han traído son fallas para la entidad.

La investigación se enfoca principalmente en la Planta eléctrica, ya que esta es una planta que desempeña un papel muy importante durante periodos de alta demanda energética o cuándo por situaciones climáticas la generación proviene de fuentes renovables por ende exigen altos niveles de control, confiabilidad y eficiencia operativa.

Tiene su complejidad en los procesos que se desarrolla en las plantas eléctrica debido a los grandes volúmenes de datos operativos los mismos requieren ser monitoreados, almacenados y analizados de manera segura es por eso que se nota que es un entorno adecuado para la implementación de un sistema SCADA con historiador ya que se centralizará en información y análisis del comportamiento histórico de las variables de proceso incorporar esta herramienta contribuirá a que la gestión de información se reduzcan los errores humanos, sí viste duplicar registros y se eliminan retrocesos innecesario de la elaboración y reportes de análisis técnico. Otro punto por qué se escoge esta empresa es su misión, su visión y los valores institucionales los cuales promueven la excelencia operativa, la innovación tecnológica y sostenibilidad. La propuesta de implementación de un sistema SCADA historiador contribuye directamente a estos lineamientos estratégicos, al fortalecer el control operativo, mejorar la eficiencia de los procesos, optimizar la gestión de la información y minimizar reprocesos que afectan la productividad y la toma oportuna de decisiones.

En síntesis, la Planta eléctrica reúnen las condiciones técnicas, operativas e institucionales necesarias para el desarrollo de la presente investigación, lo que justifica su selección como objeto

de estudio y respalda la pertinencia de la propuesta planteada, especialmente en lo relativo a la mejora de procesos y la eliminación de reprocesos dentro de la gestión operativa

Marco conceptual

A continuación, se presenta el mapa conceptual que sintetiza los principales conceptos, categorías y subcategorías que fundamentan el marco conceptual del estudio.

El presente marco teórico tiene como finalidad sustentar conceptualmente la investigación titulada Propuesta técnica para la implementación de un SCADA Historiador en la Planta eléctrica para optimizar el análisis y control de datos operativos durante el primer cuatrimestre del año 2026. En este punto del texto se describen las principales teorías y técnicas de la automatización industrial, el control de procesos, la instrumentación, el sistema SCADA, la adquisición y la gestión de datos, así como el uso de historiadores de datos en entornos de generación de energía eléctrica.

El desarrollo del marco teórico permite entender la importancia de integrar tecnologías de automatización y de gestión de datos en complejas instalaciones industriales, ya que la fiabilidad, la eficiencia operativa y la seguridad son factores críticos. También permite proporcionar la base conceptual para justificar la implantación de un SCADA historiador como herramienta estratégica para la posibilidad de analizar y controlar los datos operativos en una planta de generación de energía eléctrica.

Automatización industrial

La automatización industrial es la base de los sistemas su función principal es que la automatización industrial permite la mejora de la eficiencia, la seguridad y la fiabilidad a través de la integración de tecnologías que permiten controlar y supervisar la operación que se realiza con el mínimo de intervención humana en la ejecución de los distintos procesos. En el campo de la generación eléctrica, la automatización industrial es un aspecto crucial de la forma que permite garantizar el flujo del suministro prestado y el correcto uso de los recursos energéticos.

Concepto de automatización industrial

La automatización industrial tiene métodos que se aplican, sistemas de control aplicados, tecnologías de información y dispositivos electrónicos que se aplican en la automatización de los procesos industriales. De acuerdo con (Brunete & Herrero, 2025), “se

entiende como la aplicación de la automática a un proceso o a un dispositivo industrial, donde aquello que se desea automatizar recibe el nombre de planta".

El autor señala que la automatización permite que las operaciones se realicen de manera estandarizada, minimizando los errores humanos y asegurando una mayor consistencia y calidad en los procesos productivos. En las plantas eléctrica, la automatización facilita el control preciso de variables críticas como la presión y temperatura de calderas, el flujo de vapor y el rendimiento de las turbinas, garantizando condiciones de operación estables y seguras que optimizan la generación de energía y reducen riesgos de accidentes.

Evolución de la automatización industrial

La automatización industrial ha alcanzado grandes niveles de madurez, desde las primeras etapas, en las cuales solo existían sistemas manuales y mecánicos, hasta sistemas digitales ya completamente integrados. En primer lugar, cabe recordar el hecho de que, en las etapas más tempranas, los procesos de empresa u otros eran controlados de manera local, manualmente, cuando estaba la dependencia de forma directa de la intervención humana, hecho que limitaba las medidas de eficacia y precisión en las prácticas.

Luego, con las primeras introducciones de los sistemas analógicos, la capacidad de los procesos pasó a ser monitorizadas y controladas mediante el uso de sensores y actuadores, de manera que la gran mayoría de los procesos podían ser considerados como sistemas cuya efectividad e confianza se mejoraron sustancialmente y que la cantidad de fallos se vieron reducidos, pero aun así existen las limitaciones de integración. A continuación, pero no sin haber pasado por las etapas de automatización digital, fueron los controladores lógicos programables y los controladores distribuidos, momento en el cual se expandió muy considerablemente hasta llegar a una supervisión más avanzada, a las proporciones necesarias para la integración de los procesos complejos, a la recogida de datos en el tiempo de operación y el inicio de los sistemas SCADA y sistemas de historiadores de datos.

Esta evolución, también conocida como la apertura de sistemas integrados, permitió las prácticas de gestión de recursos industriales para la integración de recursos, para la mejora de la seguridad y para el aumento de la eficiencia general de las plantas industriales.

Automatización en plantas eléctricas

La automatización en plantas eléctricas en las cuales la automatización interna permite coordinar pruebas complejas relacionadas con la generación de energía (combustión del combustible, producción de vapor y generación eléctrica mediante un sistema generado por las fábricas alimentadoras a las mismas plantas eléctricas. Según (Silva & Riubano, 2022), "la automatización se aplica también al tratamiento térmico de residuos, sometiéndolos a altas temperaturas hasta convertirlos en escorias y cenizas, proceso que es utilizado para manejar residuos sólidos urbanos, industriales, hospitalarios y peligrosos". La automatización fortalece a que los sistemas funcionen de manera coordinada y eficiente, optimizando la eficiencia energética, minimizando pérdidas operativas y garantizando la operación continua y confiable de la planta. Esto autoriza que los operadores supervisen los procesos de manera remota y respondan de forma inmediata ante cualquier desviación o anomalía, fortaleciendo la seguridad y la estabilidad del sistema energético.

Importancia de la automatización en la eficiencia operativa

La utilización de sistemas automatizados contribuye directamente a la mejora de la eficiencia operativa de las plantas industriales, ya que la automatización permite un mejor aprovechamiento de los recursos como combustible, agua, energía, los tiempos de respuesta con respecto a las fallas son menores y las interrupciones programadas que afectan a la continuidad del servicio también lo son; controla al mismo tiempo el funcionamiento de los equipos y los procesos, y permite detectar las oportunidades de mejora y poder aplicar los cambios necesarios para maximizar la producción. En el caso de la planta eléctrica, esta mejora de la eficiencia operativa puede traducirse en un mejor aprovechamiento del combustible, un mejor control del balance térmico y eléctrico y en la reducción de los costos operativos en un elevado nivel de seguridad y de fiabilidad.

Automatización y seguridad industrial

La automatización industrial también tiene una relación importante con la seguridad de los procesos industriales. Permite establecer sistemas de protección automáticos que hagan frente a situaciones de riesgo: sobrepresiones, sobre temperaturas, fallos eléctricos para evitar accidentes y proteger tanto a las personas como a los activos industriales. Ayudan

a la detección temprana de fallas y a la activación de protocolos de contingencia, etc. Estas últimas deben poner en marcha y garantizar la continuidad del servicio en plantas eléctricas

Control de procesos industriales

El control de procesos industriales es un pilar muy importante dentro de la automatización, orientada a mantener las variables de un proceso dentro de rangos establecidos para garantizar un funcionamiento eficiente y seguro. Según Alecrim (2024), "el control de procesos constituye una rama fundamental de la ingeniería que juega un papel crucial en la optimización y automatización de la producción industrial". En plantas eléctricas, el control de procesos resulta indispensable debido a la interacción simultánea de múltiples sistemas y variables, donde la regulación precisa de parámetros como presión, temperatura y flujo de vapor es determinante para asegurar la estabilidad de la operación y la generación confiable de energía.

Variables del proceso

Las variables del proceso son los valores físicos que deben ser controlados para contar con el buen funcionamiento del sistema, es decir, temperatura, presión, caudal y nivel. Llevar a cabo el control y supervisión de las variables permite mantener el estado del proceso al constante, evitando que el proceso se aleje de la forma en que se esconde de las condiciones de funcionamiento no seguras o no eficientes. En las plantas eléctricas, el desarrollo del proceso con un correcto control de estas variables es vital para que las calderas, turbinas y sistemas complementarios trabajen en concordancia y la producción de vapor y energía se realice dentro de los argumentos óptimos.

Estrategia de control

Las estrategias de control eran manuales, automáticas o supervisadas, pero hoy en día priman las estrategias de control automáticas en un entorno industrial, ya que permiten realizar constantes y precisos ajustes en función de las medidas que estén sacando los sensores del sistema. La misma aplicación de estrategias automáticas permite disminuir la intervención del operador y reducir también el potencial de cometer errores, ya que las decisiones de control se pueden empezar independientemente de la variación de la demanda o perturbaciones no deseadas desde el exterior.

Sistemas de control automático

Los sistemas de control automático utilizan algoritmos que regulan las variables del proceso sin intervención humana directa. Según (EMAC, 2024), señala que;

> es aquel conjunto de técnicas y herramientas que permiten mantener una condición física o cantidad medible en un valor deseado. Para ello, se vale de una medición instantánea de la variable a controlar y de una comparación con un valor patrón o de referencia, para que, de esta manera, se pueda reducir o aumentar el valor de la variable medida mediante una acción correctiva.

Este tipo de sistemas permite respuestas rápidas ante perturbaciones, optimizando la operación de la planta y aumentando la confiabilidad de los procesos industriales, especialmente en entornos críticos como los de generación térmica.

Control distribuido

El control distribuido permite la gestión de procesos complejos al partir en partes o funciones el control de los distintos puntos de la parte de la planta. El diseño distribuido o de control distribuido ofrece un mejor funcionamiento en términos de la confiabilidad del sistema y permite la integración de muchos procesos al disminuir la probabilidad de fallas en un solo punto de control. En la Planta eléctrica, el control distribuido asegura el funcionamiento coordinado de los subsistemas de calderas, turbinas y sistemas auxiliares, optimizando su funcionamiento y la seguridad del funcionamiento de la planta.

Impacto del control de procesos en la confiabilidad

El impacto del control de procesos en la confiabilidad Un control de procesos eficiente reduce la probabilidad de fallas, aumenta la estabilidad del sistema y la vida útil de los equipos. Proporciona, también, información valiosa para el análisis del desempeño operativo y la naturaleza de tomar decisiones estratégicas. La integración de sistemas de control confiables con plataformas de supervisión como SCADA genera una operación más optimizada, en la cual la información precisa y en tiempo real genera eficiencia energética y una seguridad industrial de acuerdo con la confiabilidad de la planta para ser un elemento más en la gestión operativa.

Instrumentación industrial

La instrumentación industrial es un componente esencial de los sistemas de automatización y control de procesos, ya que permite la medición, transmisión y conversión de las variables físicas presentes en los procesos industriales.

En el estudio realizado por (neurylan, 2025), señala que la instrumentación industrial en una planta eléctrica proporciona la información necesaria para supervisar el comportamiento del sistema y garantizar una operación segura y eficiente. La correcta selección, instalación y mantenimiento de los instrumentos de medición es fundamental para asegurar la calidad de los datos operativos, los cuales sirven como base para el control de procesos, el análisis histórico y la toma de decisiones estratégicas.

Sensores y transmisores industriales

Los sensores y transmisores industriales son dispositivos encargados de detectar y medir las variables físicas del proceso, tales como temperatura, presión, nivel, caudal y variables eléctricas. Según (nexisense, 2026) “en los sistemas de automatización, tanto los sensores como los transmisores pertenecen a la instrumentación primaria, encargada de la adquisición y conversión de señales en campo”. Por ende, estos sistemas permiten monitorear de manera continúa siendo indispensables para mantener la estabilidad de los procesos. La confianza que generan los sensores y transmisores impacta directamente en la calidad de la información recopilada, por lo que su correcta selección, instalación, calibración y mantenimiento son críticos para asegurar la eficiencia y seguridad del sistema.

Exactitud y precisión en la medición

La exactitud y la precisión son de suma importancia en cualquier proceso de medición, especialmente en áreas técnicas, científicas e industriales, ya que permiten evaluar la calidad y confiabilidad de los datos obtenidos.

Si lo adaptamos al tema los sistemas SCADA, la exactitud y la precisión son esenciales para garantizar la confiabilidad de los datos operativos, ya que de estos depende la correcta interpretación del comportamiento de los procesos, la detección de fallas y la toma de decisiones. Por ello, es fundamental contar con instrumentos calibrados, sistemas de

medición adecuados y procesos automatizados que minimicen los errores y aseguren la calidad de la información.

Tanto la exactitud como la precisión son indispensables para obtener mediciones confiables. Mientras la exactitud garantiza que los datos sean cercanos a la realidad, la precisión asegura que los resultados sean consistentes, siendo ambos elementos clave para una adecuada gestión y análisis de la información.

Afines y similitudes en el proceso de la medición

Las afines y las similitudes representan las propiedades más importantes de un instrumento de medida de tipo industrial. Las afines corresponden al alejamiento del valor real del valor medido; es decir, las afines el grado de cercanía del valor medido con respecto al valor real. Las similitudes, por otra parte, tienen que ver con la repetibilidad de las medidas. Ambas tienen que ser perfectamente compatibles si se quiere asegurar la fidedigna obtención de los datos objetivos del comportamiento real del proceso. En una planta de producción de electricidad, una medida poco afín o similar podría determinar una operación incorrecta; que a su vez puede afectar negativamente la seguridad y/o la eficiencia de la planta. Por lo tanto, queda claro que hay que establecer programas de calibración y verificación de los instrumentos.

Calidad de la medida

La calidad de la medida depende del tipo de instrumento, de la forma en la que este sea instalado, de la forma en la que se mantengan los equipos, etc. La calidad de la medida es la que determina que los datos sean fidedignos y competentes con el curso del proceso que se está monitorizando, con el curso operativo que se está optimizando y/o con el proceso de decisión que se está tomando. En la Planta eléctrica, la calidad instrumentarla confiable permite que la integración del control de procesos con sistemas SCADA e historiadores sea la correcta y que se puedan agrupar todas las variables críticas. Sistemas SCADA

Los sistemas SCADA son una herramienta en la supervisión y control de procesos industriales modernos. Su principal función es permitir la adquisición, visualización y control de datos provenientes de distintos equipos y sistemas distribuidos en una instalación industrial.

En el sector energético, y particularmente en las plantas eléctricas, los sistemas SCADA facilitan en una operación segura, eficiente y centralizada de los procesos de generación eléctrica. La implementación de un sistema SCADA permite integrar información en tiempo real, mejorar la capacidad de respuesta ante eventos operativos y proporcionar una base sólida para el análisis histórico de datos. De esta forma, los sistemas SCADA se convierten en un elemento clave para la optimización del desempeño operativo, la eficiencia energética y la toma de decisiones informadas.

Definición de sistemas SCADA

Según (autex-open, 2022), "son ampliamente utilizados en aplicaciones industriales y de infraestructura, muy diversas, como el control de plantas de producción de diferentes procesos, líneas de producción, centrales eléctricas, redes de transporte o edificios inteligentes". En plantas térmicas, los sistemas SCADA permiten sestar en continua observación de múltiples áreas de la planta desde una sala de control centralizada, facilitando la gestión de procesos complejos, la reducción de la intervención directa en campo y la continuidad confiable de la operación.

Componentes de un sistema SCADA

Los sistemas SCADA están conformados por diversos componentes que trabajan de manera integrada, garantizando la adquisición, procesamiento y visualización de los datos operativos. Según (autex-open, 2022), un sistema SCADA consta también de herramientas de desarrollo gráfico, historizadores de datos, diccionarios de variables, reportes, comunicación con bases de datos y drives de comunicación con controladores u otros dispositivos como gateways. Cada uno de estos componentes cumple una función específica dentro del sistema, y su integración adecuada es fundamental para asegurar que la planta opere de manera eficiente, confiable y segura.

Arquitectura de los sistemas SCADA

Según (autex-open, 2022) los SCADA están conformados por:

- Herramienta de Desarrollo Gráfico
- Historiador
- Diccionario de variables

- Reportes
- Comunicación con bases de datos
- Drives de comunicación con los controladores y/u otros dispositivos tales como por ejemplo gateways.

En plantas eléctricas, predominan las arquitecturas distribuidas, que permiten una mayor flexibilidad y confiabilidad, ya que el control y la adquisición de datos se realizan en distintos puntos de la planta. Este tipo de configuración facilita la escalabilidad del sistema, permite integrar nuevos dispositivos o procesos sin afectar la operación existente y reduce el impacto de posibles fallas en un único punto, aumentando la disponibilidad del sistema y la seguridad operativa.

Supervisión y control de procesos

La supervisión y el control de los procesos industriales son las principales funciones de los sistemas SCADA, mediante los cuales, las interfaces gráficas de usuario permiten a los operadores observar en tiempo real el estado de las variables del proceso y también ejecutar acciones de control a fin de mantener las condiciones de operación dentro del proceso. En las plantas eléctricas, esto ha permitido optimizar el funcionamiento de calderas, turbinas y sistemas auxiliares, mejorar la eficiencia de los procesos, disminuir el riesgo de fallas operativas y coordinar, de manera integrada, distintos sistemas. También presta los sistemas SCADA un impulso de mayor facilidad a la detección temprana de desviaciones de las condiciones de operación y de las acciones necesarias para la corrección de los errores, en donde la seguridad y la continuidad de operación quedan, de esta forma, reforzados.

Interfaces hombre-máquina (HMI)

Las interfaces hombre-máquina componen el medio a través del cual los operadores trabajan con el sistema SCADA. Estas interfaces presentan la información del proceso de manera gráfica, intuitiva y organizada, permitiendo una rápida comprensión del estado operativo de la planta. Según InductiveAutomation (2025), una HMI es una interfaz de usuario o panel de control que conecta a una persona con una máquina, sistema o dispositivo. Aunque técnicamente el término se aplica a cualquier pantalla que permita la interacción con

un dispositivo, en el contexto industrial se utiliza principalmente para la supervisión y control de procesos complejos.

El uso adecuado del diseño de las interfaces hombre maquina aporta de gran manera a la reducción de errores operativos, a una mejora en la operación del operario y a facilitar la toma de decisiones. En plantas eléctricas, las interfaces funcionan para visualizar diagramas de procesos, tendencias de variables importantes, estados operativos de los equipos y alarmas priorizadas, integrando información proveniente de varios sistemas de control en una sola pantalla. Estas características no sólo permiten que la planta opere correctamente y segura, sino que también permiten que los operadores puedan anticipar posibles desviaciones, responder rápidamente ante situaciones de riesgo o coordinar con eficacia sistemas de control como calderas, turbinas y redes auxiliares. Y, además, las interfaces actuales ya pueden incluir diferentes funciones adicionales como análisis en tiempo real, simulaciones de procesos o control remoto, aumentando la efectividad operativa y la capacidad de gestión total.

En la Planta eléctrica, estas interfaces permiten a los operadores ver varias turbinas en la pantalla, permitiendo ver en tiempo real la presión, temperatura y flujo, así como el estado de los sistemas auxiliares. Por ende, los operadores pueden tomar decisiones en función de información precisa, permite que las personas sean seguras y permite que la planta siga operando de forma estable y fiable ante una variación en la demanda energética o en situaciones de contingencia. De esta manera, las interfaces hombre-máquina se convierten en un componente esencial del sistema SCADA, asegurando que la operación de la planta sea eficiente, segura y técnicamente optimizada.

Gestión de alarmas y eventos

La gestión de alarmas y eventos tiene como finalidad es advertir a los operadores que el sistema está atravesando una condición anómala o, en su defecto, es expresión de riesgo. Esto es, las alarmas son una forma de facilitar la respuesta a las desviaciones del proceso, disminuyendo las consecuencias de las posibles fallas, daños en los equipos, interrupciones prolongadas, etc. En plantas eléctricas, la buena gestión de alarmas ayuda a proporcionar un sistema más seguro, a reducir los tiempos de parada de la planta y permite a los operadores ejecutar actividades priorizándolas adecuadamente. Asimismo, el registro de eventos

proporciona información para el análisis de estos, la mejora continua de los procesos y la toma de decisiones relacionadas con la operación y el mantenimiento.

Adquisición de datos y comunicaciones

La adquisición de datos y las comunicaciones constituyen un componente clave en los sistemas SCADA y, en general, en los historiadores de datos, ya que permiten que la información operativa, considerada crítica, sea capturada, transmitida y procesada. En efecto, tal información sirve de base para que la operación y la toma de decisiones sean en tiempo real. En ausencia de la captura exacta de las variables y de una buena infraestructura de comunicación, los sistemas de supervisión no tendrían la capacidad de evaluar el estado físico del proceso o de reaccionar ante alguna determinada condición operativa.

Captura de datos

La captura de datos se destaca al proceso mediante el cual los sensores y dispositivos de campo registran, esta información se convierte en la base para el control automático, el análisis de tendencias y la generación de indicadores de desempeño. La calidad y precisión de los datos capturados impactan directamente en el rendimiento de los sistemas SCADA e historiadores; por ello, la correcta instrumentación y calibración de los sensores es un aspecto crítico (Cifuentes & Martínez, 2018) , un sistema de adquisición confiable debe registrar tanto las variables continuas como los eventos discretos, tales como arranques, paradas y alarmas, para asegurar trazabilidad histórica y soporte analítico que permita identificar patrones de funcionamiento, diagnósticos de fallas y oportunidades de mejora.

Redes industriales

Las redes industriales constituyen la infraestructura de comunicación que permite la transmisión de datos desde los dispositivos de campo hacia los controladores, servidores SCADA e historiadores de datos. Para garantizar fiabilidad y disponibilidad en entornos críticos como la generación eléctrica, las redes deben diseñarse con redundancia y mecanismos de tolerancia a fallos, evitando que interrupciones en un segmento de la red afecten el monitoreo global. En las plantas eléctricas se emplean tecnologías de redes como Ethernet industrial, fibra óptica y protocolos de nivel de campo que soportan comunicación determinista con baja latencia. (Cegelski, Katogui, Stoisa, & Nuñes, 2019), destacan que la implementación de topologías de red con redundancia incrementa la robustez de los sistemas

frente a fallas de comunicación, asegurando continuidad operativa y seguridad en la transmisión de datos críticos.

Protocolos de comunicación

Los protocolos de comunicación industrial son conjuntos de reglas que permiten el intercambio de datos entre dispositivos de campo (sensores, actuadores), controladores (PLC, DCS), sistemas SCADA y bases de datos de historiadores. Entre los protocolos más utilizados en automatización se encuentran Modbus, OPC UA, DNP3 y la norma IEC 60870-5, los cuales aseguran interoperabilidad entre equipos de distintos fabricantes, integridad de datos y servicios de comunicación (Chamorro & Toro, 2026), La adopción de estos protocolos evita errores de comunicación, facilita la integración entre plataformas y asegura que los datos lleguen completos y precisos a los sistemas centrales, lo cual es indispensable para el monitoreo y análisis del proceso.

Monitoreo en tiempo real

El monitoreo de variables en tiempo real permite al operador tener una visualización constante del comportamiento del proceso en un momento dado, de forma que pueda tomar decisiones justificada ante una variación de la condición. Los elementos del monitoreo en tiempo real son: el seguimiento de la tendencia, la detección de desviaciones y la detección anticipada de condiciones que pueden poner en peligro la seguridad o la eficiencia de los equipos. La literatura técnica muestra que los sistemas de monitoreo en base a eventos y señales continuas ayudan a mejorar considerablemente la respuesta a las perturbaciones, de forma que se puede actuar antes de que se produzcan fallas catastróficas. (Cegelski, Katogui, Stoisa, & Nuñes, 2019); en plantas eléctricas, el monitoreo en tiempo real es clave para analizar variables como presión de calderas, temperatura de vapor y rendimiento térmico de turbinas, contribuyendo a mantener la operación dentro de los límites prescritos y optimizando el uso de los recursos energéticos.

Seguridad de la información

La seguridad de la información en sistemas de adquisición de datos y comunicaciones es fundamental para proteger las operaciones frente a amenazas cibernéticas y accesos no autorizados. En secuencia la aplicación de políticas de seguridad, auditorías periódicas y controles de acceso asegura que los datos operativos sean confiables y que las decisiones

basadas en ellos no se vean. La protección de la información garantiza la integridad de los sistemas SCADA y el historiador de datos, preservando la operación segura de la planta.

Historiadores de datos

Los historiadores de datos según (Dataparc, 2026) son sistemas especializados diseñados para almacenar información histórica de los procesos industriales, permitiendo realizar análisis detallados, comparaciones de rendimiento a lo largo del tiempo y optimización de operaciones. Los sistemas SCADA se basan en la supervisión y control en tiempo real, los historiadores abastecen una perspectiva integral de cómo ha operado la planta a lo largo del tiempo, facilitando la identificación de tendencias, la evaluación de la eficiencia de los equipos y la planificación de mejoras operativas.

Funciones principales

Los historiadores de datos cumplen funciones esenciales dentro de la automatización industrial, destaca (Dataparc, 2026).

> entre ellas se encuentran el registro automático de todas las variables críticas del proceso, el almacenamiento eficiente de grandes volúmenes de información durante periodos prolongados, la recuperación rápida de datos para análisis, reportes y auditorías, así como la generación de tendencias y reportes personalizados adaptados a las necesidades de operación, mantenimiento o gerencia.

Estas funciones permiten que los historiadores sirvan como herramientas estratégicas para el monitoreo del desempeño y la optimización continua de la planta.

Diferencia entre SCADA e historiador

Al debatir la distinción entre SCADA e Historian, (empoweredautomation, 2023) señala que es fundamental reconocer sus funciones de cada uno dentro de la gestión de datos industriales. El historiador es una herramienta especializada diseñada para recopilar, almacenar y analizar grandes volúmenes de información de series temporales de manera segura y eficiente. Esto permite que los usuarios estudiar tendencias, patrones y

correlaciones a lo largo del tiempo, facilitando la evaluación de la eficiencia operativa, la predicción de fallas y la optimización de la toma de decisiones a partir de datos históricos

Por otro lado, SCADA supervisa y controla en tiempo real de los procesos industriales. Proporciona a los operadores visibilidad inmediata del estado del proceso, control de equipos críticos y la capacidad de actuar rápidamente ante desviaciones de parámetros. Sin embargo, el historiador permite analizar la operación de la planta a largo plazo, SCADA garantiza la eficiencia operativa en el presente, mejorando la productividad y facilitando decisiones inmediatas sobre la operación de la planta. La combinación de ambos sistemas asegura un control integral, integrando el monitoreo en tiempo real con análisis histórico para optimizar procesos y recursos energéticos

Almacenamiento histórico

Las bases de datos que almacenan datos en un histórico se estructuran sobre bases de datos especializadas en series temporales, capaces de almacenar datos en grandes volúmenes de manera eficaz y eficiente; para ello registra continuamente variables de procesos críticos y eventos operativos. A diferencia de las bases de datos relacionales tradicionales, estas bases históricas pueden incorporar funciones excepcionales como compresión de datos, interpolación de los valores perdidos, generación de informes sobre tendencias, etc. Son, en consecuencia, ideales para el almacenamiento de datos en plantas de generación (empoweredautomation, 2023).

Integridad y trazabilidad

La integridad y la trazabilidad de los datos históricos son esenciales para garantizar la confiabilidad y auditabilidad de la información. Cada registro posee sello de tiempo, identificación de origen y un historial de modificaciones, lo que asegura que la información pueda ser verificada y utilizada para cumplir con estándares industriales y normativos. Esta trazabilidad es crítica para analizar incidentes, evaluar el rendimiento de equipos y fundamentar decisiones de mejora continua. En plantas eléctricas, contar con un historiador confiable permite documentar operaciones críticas, optimizar la eficiencia de los equipos y asegurar que la información utilizada para la gestión operativa sea completa, segura y confiable (empoweredautomation, 2023).

Análisis y gestión de datos operativos

La gestión de datos operativos es algo sumamente importante en cuanto la automatización industrial y los sistemas SCADA con historiadores de datos, ya que permite cambiar grandes volúmenes de información recogida de campo en conocimiento útil para la operación, mantenimiento y gestión estratégica de una planta eléctrica. El análisis de datos operativos incluye la evaluación de tendencias temporales, la toma de decisiones basadas en evidencias, la optimización de procesos y el soporte a estrategias de mantenimiento predictivo. Estos procesos permiten una mejor comprensión del comportamiento de la planta, la detección de ineficiencias y fallas potenciales, así como la transferencia de conocimiento entre ciclos operativos.

Análisis de tendencias

El análisis de tendencias es un método de evaluación de datos que consiste en observar la evolución temporal de variables críticas con el fin de identificar patrones recurrentes, variaciones anómalas o efectos estacionales que puedan indicar ineficiencias, desgaste de equipos o procesos subóptimos. Según (Jain, 2023); “el análisis de tendencias es el proceso de evaluar datos históricos para identificar patrones y realizar predicciones fundamentadas sobre cambios o comportamientos futuros”.

El análisis en una planta eléctrica como este análisis permite ajustar parámetros operativos, basándose en información histórica precisa. De esta forma, no solo se detectan problemas cuando ya han ocurrido, sino que se pueden prever ajustes que eviten la ocurrencia de eventos críticos, lo cual contribuye a mejorar la eficiencia operativa general y la continuidad del servicio eléctrico.

Indicadores de desempeño (KPIs)

Los indicadores clave de desempeño sobre salen por sus métricas cuantitativas las cuales evaluar la eficiencia operativa, la confiabilidad del equipo y la calidad de la producción en una planta industrial. Entre los KPIs más relevantes en plantas eléctricas se encuentran:

Eficiencia térmica de la planta, que mide la eficiencia con la que el combustible se convierte en energía eléctrica útil.

Disponibilidad de equipos, que cuantifica la proporción de tiempo en que un equipo está operativo frente al tiempo total programado.

Tiempo medio entre fallas (MTBF), que indica el intervalo promedio que un equipo opera sin fallas importantes.

Consumo específico de combustible, que mide el combustible requerido por unidad de energía generada.

El cálculo periódico de estos indicadores permite a la gerencia y al equipo operativo evaluar la efectividad de las decisiones tomadas, comparar resultados entre diferentes periodos y proponer acciones de mejora. (SYDLE, 2023), destacan que la integración de KPIs con sistemas de análisis basados en datos incrementa la transparencia operativa, facilita auditorías internas y soporta procesos de optimización continuo que reduce costos y mejora la productividad.

Toma de decisiones basada en datos

La toma de decisiones basada en datos se apoya en la convergencia de información histórica y en tiempo real para orientar acciones relacionadas con la operación, el mantenimiento, el consumo energético y el equilibrio entre seguridad y eficiencia. Esta forma de gestión reemplaza enfoques tradicionales basados en experiencia subjetiva, estimaciones o rutinas fijas, por decisiones fundamentadas en información empírica confiable.

La toma de decisiones basada en datos es fundamental para diseñar modelos predictivos, escenarios de simulación y estrategias de compensación de fallas, que permiten optimizar la operación general de la planta eléctrica, reduciendo riesgos y maximizando la eficiencia energética.

Optimización de procesos

La optimización de procesos es el abastecimiento de información histórica y en tiempo real para mejorar la eficiencia de las operaciones de manera sistemática y continua. A través del análisis profundo de datos operativos, es posible identificar cuellos de botella, pérdidas de energía, desbalances en la generación o desviaciones que afectan el rendimiento de las turbinas.

Aplicando técnicas de análisis multivariable y modelos predictivos, se pueden ajustar parámetros como la mezcla aire-combustible, el balance de carga entre unidades generadoras o el flujo de vapor hacia los intercambiadores térmicos. (Downie, 2023) señalan que;

> "la optimización de procesos ayuda a las organizaciones a mejorar su gestión de proyectos y agilizar las operaciones, evitar cuellos de botella y producir mejoras continuas en múltiples procesos existentes. Para muchas organizaciones, es una piedra angular de sus iniciativas de transformación digital, ya que utiliza tecnologías para optimizar el rendimiento y automatizar los procesos".

Esto favorece que la planta valla más allá de los límites de diseño, sino que supere las expectativas de eficiencia, minimizando el desperdicio energético, reduciendo costos operativos y extendiendo la vida útil de los activos productivos.

Soporte a mantenimiento

Los historiadores de datos permiten captar señales tempranas de deterioro: aumentos en las vibraciones, incrementos del consumo de aceite, desviaciones de los perfiles térmicos, en los que empiezan a surgir las fallas. A partir de un mantenimiento predictivo basado en análisis de datos se obtienen reducciones de las paradas no programadas y mejoras de la seguridad de operación, una prolongación de la vida de los equipos críticos, reducciones de costes de mantenimiento y, en definitiva, una mejora de la eficiencia. La integración del análisis de datos con estrategias de mantenimiento permite también planificar las acciones cuando se necesitan realmente, evitando los cambios de piezas prematuros o las intervenciones innecesarias, y permitiendo así mejorar la disponibilidad de los equipos y la fiabilidad general de la planta eléctrica.

SCADA Historiador en plantas eléctricas.

Beneficios operativos

El sistema SCADA es una herramienta fundamental en la modernización de los procesos industriales, particularmente en plantas eléctricas. Su implementación atrae múltiples beneficios operativos que inciden directamente en la confiabilidad, seguridad y continuidad del servicio.

De acuerdo con (Patel, 2025), señala que uno de los principales beneficios operativos del sistema SCADA es la capacidad de las unidades de control para operar en condiciones adversas. Esta característica resulta especialmente relevante en plantas térmicas, donde los procesos involucran altas presiones, temperaturas elevadas y condiciones ambientales exigentes. La robustez del hardware garantiza estabilidad operativa y reduce la probabilidad de fallas asociadas a factores ambientales.

Otro beneficio importante es la provisión de información matemática y gráfica en tiempo real. El sistema SCADA permite la recopilación, procesamiento y visualización de datos mediante interfaces hombre-máquina, donde se presentan gráficos de tendencias, cálculos automáticos de variables críticas, diagramas de proceso y estados operativos de los equipos. Esta capacidad facilita el análisis inmediato de parámetros como temperatura, presión, flujo y nivel, lo que mejora la toma de decisiones y permite respuestas rápidas ante desviaciones o condiciones anormales.

Este sistema es fácilmente ampliable, una ventaja estratégica en términos de escalabilidad. Su arquitectura modular permite la incorporación de nuevos sensores, unidades de control y estaciones de monitoreo sin necesidad de reemplazar completamente la infraestructura existente. Esta flexibilidad posibilita adaptarse a futuras ampliaciones de la planta, nuevas exigencias operativas o actualizaciones tecnológicas, optimizando la inversión a largo plazo.

En conjunto, estos beneficios operativos consolidan al sistema SCADA como una solución integral para la supervisión y control eficiente de procesos industriales complejos**.**

Impacto en eficiencia energética

La implementación de un sistema SCADA en una planta eléctrica tiene un impacto directo y medible en la eficiencia energética del proceso de generación eléctrica. Al permitir el monitoreo continuo de variables críticas, el sistema contribuye a la optimización del consumo de combustible y a la mejora del rendimiento global de los equipos.

El control automatizado de parámetros como la relación aire-combustible en la caldera, la presión y temperatura del vapor, y el desempeño de las turbinas, reduce pérdidas

térmicas y evita sobreconsumos innecesarios. Además, la disponibilidad de datos históricos facilita la identificación de patrones de operación ineficientes y la implementación de estrategias correctivas.

El análisis en tiempo real permite obtener anomalías tempranas que podrían derivar en pérdidas energéticas significativas, tales como fugas de vapor, desequilibrios en sistemas de combustión o disminución en la eficiencia de intercambiadores de calor.

De igual manera, la automatización disminuye la probabilidad de errores humanos que pueden provocar ajustes inadecuados en los parámetros operativos, favoreciendo así un uso más racional y eficiente de los recursos energéticos.

Soporte a la operación

El sistema SCADA tiene un soporte integral a la operación mediante la integración de funciones de supervisión, control y gestión de información. La centralización de datos en estaciones de control permite una visión global del estado del sistema en tiempo real, facilitando la coordinación de las actividades operativas.

Entre los principales aportes al soporte operativo se encuentran:

Registro histórico de eventos y variables de proceso.

Gestión automática de alarmas y notificaciones.

Diagnóstico rápido de fallas.

Supervisión remota de equipos.

Programación de mantenimiento preventivo basado en datos.

El almacenamiento sistemático de información se analiza posteriores para evaluar el desempeño del sistema, identificar causas y raíz de fallas y establecer mejoras continuas. Asimismo, la supervisión remota reduce la necesidad de intervención directa en zonas de alto riesgo, incrementando la seguridad del personal.

En situaciones de emergencia, el sistema facilita la toma de decisiones mediante información precisa y actualizada, lo que disminuye los tiempos de respuesta y reduce el impacto de posibles fallas en la producción.

Aplicación en la Planta eléctrica.

La aplicación del sistema SCADA en la planta eléctrica representa un ejemplo concreto de integración tecnológica en el sector de generación eléctrica en Costa Rica. En este tipo de instalación, el sistema permite monitorear y controlar variables críticas asociadas a la generación térmica, tales como la presión y temperatura del vapor, el desempeño de las calderas, el funcionamiento de turbinas y generadores, así como los sistemas auxiliares de enfriamiento y combustión.

Mediante la implementación de SCADA, la planta puede:

Supervisar continuamente los procesos de combustión.

Controlar el rendimiento de los equipos principales.

Gestionar alarmas ante condiciones anormales.

archivar datos operativos para análisis posteriores.

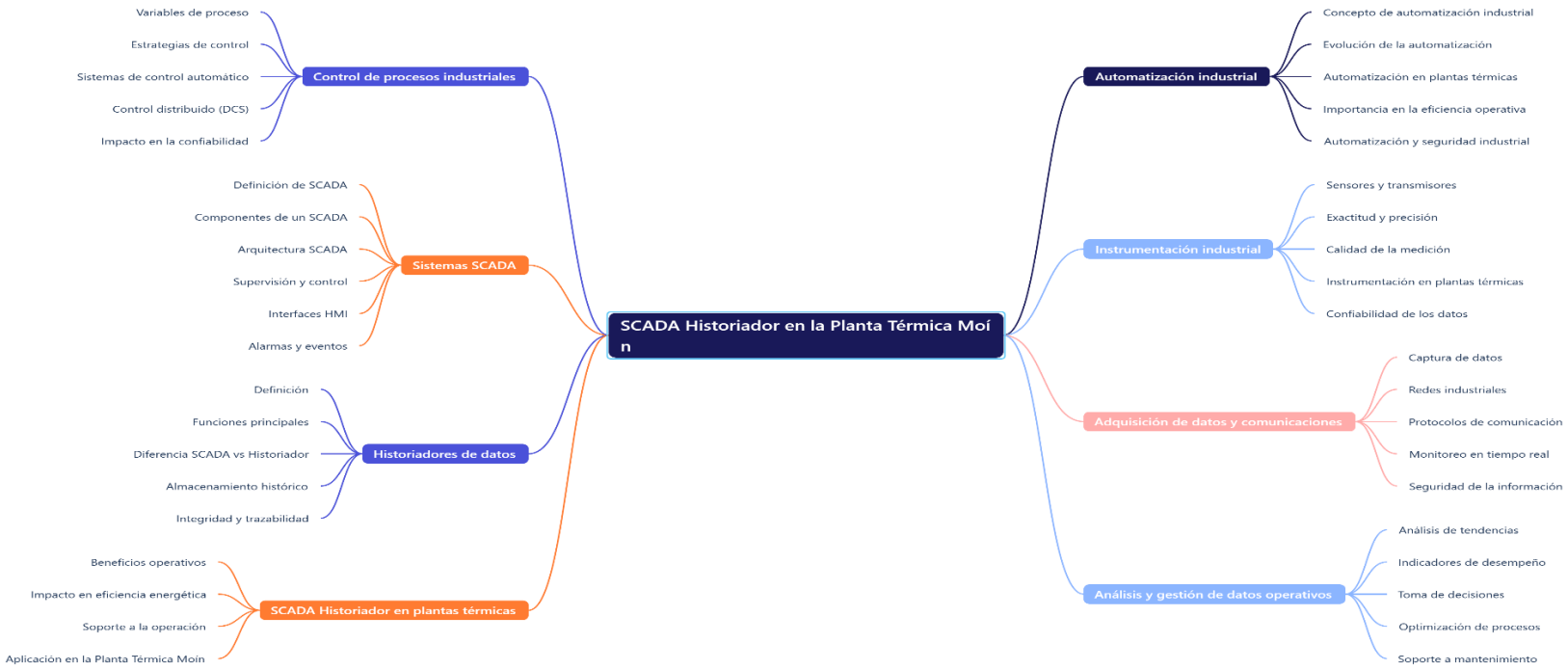
Optimizar la operación según la demanda energética.

La automatización y el monitoreo en tiempo real ayudan a reducir tiempos de parada no programados, mejorar la estabilidad en la generación eléctrica y optimizar el consumo de combustible. En consecuencia, el sistema SCADA se convierte en un elemento clave para garantizar eficiencia, confiabilidad y sostenibilidad en la operación de la Planta eléctrica.

Esta implementación contribuye a una mejor estabilidad en la generación de la electricidad, al mantener un control constante preciso sobre variables críticas del proceso, lo que garantiza una operación continua y dentro de los rangos establecidos. De igual manera, el uso eficiente del sistema permite optimizar el consumo de combustible, ajustando los procesos de combustión de acuerdo con las condiciones operativas y la demanda energética, lo cual se traduce en una reducción de costos y un menor impacto ambiental.

El sistema SCADA con historiador de datos tiende a ser un elemento clave para garantizar la eficiencia, confiabilidad y sostenibilidad en la operación de la planta eléctrica, al integrar herramientas tecnológicas que permiten no solo supervisar y controlar los procesos, sino también mejorar la toma de decisiones, optimizar los recursos disponibles y fortalecer la continuidad operativa de la planta.

Figura 4 Mapa conceptual del marco conceptual



Fuente: elaboración propia (2026)

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

Em el siguiente capitulo señala que el marco metodológico es utilizado en el desarrollo de la investigación. Por lo siguiente se señalarán los procedimientos y métodos que permiten abordar el problema planteado y cumplir con los objetivos establecidos en el estudio. De acuerdo con lo señalado por (Giani, Marco metodológico, 2025), el marco metodológico es un apartado de los textos académicos en el que se detallan los métodos de análisis, las técnicas y los instrumentos empleados para realizar una investigación.

En este capítulo se analizará el enfoque metodológico a utilizar en la investigación, así como el tipo y método de investigación aplicados. Además, se explicará el diseño de la investigación, los sujetos y fuentes de información, los instrumentos y técnicas utilizados para la recopilación de datos y finalmente las variables que orientan el desarrollo del estudio.

Enfoque metodológico.

En las investigaciones existen distintos tipos de enfoque entre ellos está el método cuantitativo el cual está basado en lo que es la comprensión de los datos para lograr un trabajo mediante técnicas estadísticas cuyo resultado representado son matemáticamente ya que se usa un punto de vista numérico en investigación estos datos se dan mediante gráficos, cuadros, tablas y figuras.

Por ende, existe otro enfoque muy importante el cual es el cualitativo este no requiere números, ni estadísticas o matemáticas sino más bien empleada datos descriptivos a través de la posible diversidad de datos. En este método la recolección de los datos se realiza en un ambiente natural cotidiano de los participantes.

Por último, está el mixto que según (Sampieri, Metodologia de la investigación, 2014), señala que el enfoque mixto es el que consiste en usar el método más apropiado para un estudio específico. Es una orientación filosófica y metodológica, como el positivismo, pospositivismo o constructivismo. El método mixto descrito anteriormente será el utilizado este proyecto, dado que se contará con un análisis de datos mixto, el cual incluye tanto análisis de datos cuantitativos, como cualitativos.

Tipos de investigación.

El estudio presente es un proceso ordenado metodológico el cual tiene un reconocimiento, resolución de problemas y futuras nuevas preguntas en cualquier ámbito de estudio existen diferentes tipos de investigaciones cada una de ellas con un enfoque y un método es específico los cuales va a depender de los objetivos y naturaleza del estudio. Estos tipos de investigación ayudan a poder enfrentar desde múltiples perspectivas ya sea exploratorio o descubriendo las características Y explicando relaciones o evaluando efectividad.

En la presente investigación existen diferentes estudios, estos se utilizan para poder analizar la investigación entre los tipos se encuentran la es que la explicativa, descriptiva, con relacional experimental y entre otras lo cual parece esa investigación se utilizarán las siguientes:

Investigación Descriptiva

Según (Sampieri, Metodología de la investigación, 2014), ellos definen la investigación descriptiva como: "la que busca especificar las propiedades, características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis (p.102)"

Basados en la anterior afirmación efectuada por los autores antes mencionados, se puede decir que este trabajo presenta una serie de características, así como perfiles, etc. para ser clasificada como una investigación de tipo descriptiva.

Investigación Explicativa

Según (Sampieri, Metodología de la investigación, 2014), la investigación explicativa" pretende establecer las causas de los eventos, sucesos o fenómenos que estudias, van más allá de la descripción de estos eventos" (p.108)

Por lo tanto, la presente investigación también clasificada como explicativa, por cuanto se preocupa por explicar por ejemplo como seria si se utilizara un SCADA con historiador en la planta eléctrica.

Método de la investigación.

En el ámbito de la investigación encontramos diversos métodos de investigación, los cuales se utilizan para abordar problemas y fenómenos desde diferentes perspectivas, cada uno de ellos utiliza diferentes metodologías y se enfoca en múltiples aspectos del conocimiento. Estas investigaciones se pueden clasificar según su propósito, enfoque o métodos utilizados, a continuación, se describen los tres tipos de métodos de investigación:

1. Analítico: de acuerdo con (Maya, 2014); define como aquel que distingue las partes de un todo y procede a la revisión ordenada de cada uno de los elementos por separado "Este método es útil cuando se llevan a cabo trabajos de investigación documental, que consiste en revisar en forma separada todo el acopio del material necesario para la investigación".

2. Deductivo: La deducción trata de derivar las consecuencias particulares o singulares de las premisas o conclusiones generales establecidas y aceptadas. De acuerdo con (Cervera, 2014, pág. 35) determinación de las características o enunciados de la realidad particular que se investiga por derivación o consecuencia de las características o enunciados contenidos en proposiciones o leyes científicas de carácter general formuladas previamente.

Es el que analiza y sintetiza la información recopilada, lo que permite ir estructurando las ideas. Los mismos autores citan como ejemplo la labor de la investigación que se realiza un historiador al tratar de reconstruir y sintetizar los hechos de la época que está investigando.

Diseño de la investigación.

El diseño de la investigación tiene un papel fundamental al determinar en cómo se llevará acabo el estudio y que tipo de conclusiones se podrán extraer del mismo, existen dos tipos de diseño de investigación, uno de ellos es el experimental y el otro es el no experimental, ambos se explican a continuación:

1. Experimental: (Sampieri, Lucio, & Baptista, 2014, pág. 128) , señala la situación de control en la cual se manipulan, de manera intencional, una o más variables independientes (causas) para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependientes (efectos).

2. No experimental: podría definirse como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios donde no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. De acuerdo con (Sampieri, Lucio, & Baptista, 2014, pág. 163) estamos más cerca de las variables formuladas hipotéticamente como "reales" y, en consecuencia, tenemos mayor validez externa (posibilidad de generalizar los resultados a otros individuos y situaciones comunes).

En este proyecto en concreto, se realizar con el diseño no experimental, ya que se no se intervienen las variables, lo que se hace es analizar en un contexto natural la implementación, adicionalmente se utilizara la investigación trasversal o transaccional descriptiva, es recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado y sus implicaciones dentro de la operación y así plantear una ruta para la implementación.

Sujetos y fuentes de información.

Para el desarrollo de la investigación se consideran diferentes sujetos y fuentes de información que permiten obtener datos relevantes relacionados con el objeto de estudio. Estos elementos contribuyen al análisis y comprensión de los procesos que se desarrollan dentro de la organización.

Sujetos de información.

Como parte fundamental de una investigación es definir quienes serán los participantes, individuos o entidades de la cual se recopilará los datos nefarios para el estudio.

1. Población de interés: con base a (Sampieri, Lucio, & Baptista, 2014, pág. 174), Conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones la población es de 60 personas que laboran en la Planta eléctrica.

2. Tipo de muestreo: a juicio, lo que quiere decir que la muestra se elige de acuerdo con los criterios del investigador y la investigación, le permite elegir de manera arbitraria cuántos participantes y cuales puede haber en el estudio (González, 2020)

3. Tamaño de la muestra: de acuerdo con (Sampieri, Lucio, & Baptista, 2014, pág. 173), señala a la muestra como un subgrupo del universo o población del cual se recolectan

los datos y que debe ser representativo de ésta. En esta investigación se utilizarán 22 personas las cuales son: 1 jefe de mantenimiento eléctrico, 1 Ingeniero mecánico, 3 técnicos del departamento eléctrico, 1 técnico supervisor de mantenimiento mecánico, y 16 operadores.

4. Selección y distribución de la muestra: La selección de la muestra se realiza por consideración a los colaboradores que poseen mayor relación con los procesos de ingeniería, operativos y técnicos dentro de la planta eléctrica.

Fuentes de información.

Las fuentes de información en una investigación son los medios o recursos a través de los cuales se obtiene la información necesaria para responder a las preguntas de investigación y alcanzar los objetivos del estudio. (Robson, 2011).

Fuentes Primarias

Las fuentes primarias son aquellas que provienen de la experiencia directa o la observación de los hechos. Son documentos originales o primeras impresiones de un evento o investigación. Estos pueden incluir documentos históricos, entrevistas, encuestas, diarios de campo, registros médicos, entre otros. Estas fuentes son muy importantes en la investigación, ya que proporcionan una comprensión directa de los fenómenos y sucesos estudiados (Suárez, 2024)

Las fuentes primarias son documentos como libros, revistas científicas y de entretenimiento, periódicos, diarios, documentos oficiales de instituciones públicas, informes técnicos y de investigación de instituciones públicas o privadas, patentes, normas técnicas.

Fuentes Secundarias

Las fuentes secundarias son aquellas que recogen, sintetizan y analizan información de las fuentes primarias. Son una compilación de información que otros han recogido y publicado previamente. Los libros de texto, los artículos de revistas y los informes de investigación son ejemplos de fuentes secundarias. Estas fuentes son útiles para contextualizar los eventos o para obtener una visión más general sobre un tema (Suárez, 2024).

Según la cita anterior, las fuentes secundarias recopilan, sintetizan y analizan información de las fuentes primarias. Ejemplos incluyen a los libros de texto y artículos de revistas. Estas fuentes son útiles para obtener una visión general, un punto de vista o criterio diferente y contextualizar la información, facilitando un entendimiento más amplio del tema de estudio.

Instrumentos y técnicas utilizadas en la recopilación de datos.

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizan diferentes instrumentos y técnicas de recopilación de datos que permiten obtener información relevante sobre el manejo y análisis de los datos operativos en la planta eléctrica. Estos instrumentos se seleccionan de acuerdo con el enfoque metodológico mixto de la investigación, el cual combina herramientas de carácter cualitativo y cuantitativo con el fin de obtener una visión más completa del fenómeno estudiado.

Instrumentos de investigación

Como parte fundamental de cualquier proyecto está la identificación de los instrumentos y técnicas de recolección de datos, las cuales ayudaran a verificar las hipótesis o responder a las interrogantes planteadas.

Entrevista

La entrevista es un instrumento de recolección de información que consiste en una conversación estructurada o semiestructurada entre el investigador y el participante, con el propósito de obtener información detallada sobre el tema investigado. Según (Sampieri, Lucio, & Baptista, 2014)), la entrevista permite conocer percepciones, experiencias y conocimientos de los participantes sobre el fenómeno estudiado. En la presente investigación se realizará una entrevista al gerente y a personal relacionado con los procesos de operación y gestión de datos dentro de la planta eléctrica.

Encuesta

La encuesta es un instrumento de investigación que permite recopilar información mediante la aplicación de un conjunto de preguntas estructuradas dirigidas a una población específica. Este instrumento facilita la obtención de datos cuantitativos que pueden ser analizados para identificar tendencias o percepciones relacionadas con el objeto de estudio.

En esta investigación se aplicará una encuesta al personal técnico de la planta con el fin de conocer su percepción sobre el manejo actual de los datos operativos y la necesidad de implementar un sistema SCADA historiador.

Entrevista Benchmarking comparativo

El uso del Benchmarking permite, (Camp, 1989), la búsqueda de las mejores prácticas de la industria, que conducen a un desempeño superior, mediante un proceso sistemático y continuo de evaluación.

Esta técnica de recolección de datos de fuentes secundarias ayudará en la comparación de datos de excelencia y brechas de desempeño, además permitirá contrasta el presente proceso de investigación con una referencia similar. Independientemente de su ubicación, nos facilitara a establecer una línea base para la mejora continua.

Técnicas de investigación

Las técnicas de investigación corresponden a los procedimientos que permiten aplicar los instrumentos de recolección de información.

Observación directa

La observación directa consiste en el análisis del fenómeno en su contexto natural, permitiendo al investigador identificar cómo se desarrollan los procesos dentro de la organización. En esta investigación se utilizará la observación directa para analizar el funcionamiento de los sistemas de monitoreo y control de datos operativos dentro de la planta eléctrica.

Entrevista al Lic. Coordinador del área eléctrica

La entrevista al jefe del área eléctrica permitirá obtener información relevante sobre la gestión de los datos operativos, las necesidades actuales de la planta y la importancia de implementar herramientas tecnológicas que faciliten el análisis y almacenamiento de información histórica.

Encuesta

La encuesta se aplicará al personal técnico y operativo con el objetivo de conocer su percepción sobre el manejo actual de los datos operativos, así como las limitaciones existentes en el sistema actual de monitoreo y registro de información.

Matriz de análisis

Con base en EALDE destaca que es una técnica de análisis multicriterio que permite comparar diferentes alternativas utilizando un conjunto definido de criterios, asignando pesos y puntuaciones para obtener una valoración global de cada opción (EALDE, 2026)

Cuadro comparativo

De acuerdo Giani, es una herramienta de estudio y exposición de ideas que se utiliza para contrastar dos o más elementos teniendo en cuenta sus semejanzas, diferencias o características distintivas (Giani, Cuadro comparativo. Enciclopedia Concepto, 2025)

Variables de la investigación.

Las variables de investigación incorporan los elementos o características que se analizaran en el proyecto, con el propósito de entender su comportamiento y correlación dentro del estudio, y a su vez es esencial para garantizar la validez y fiabilidad de los resultados.

Variables 1. Gestión de datos operativos

1. *Definición conceptual*: con base en (Castaño, 2025, pág. 17); “Un proceso es básicamente un entorno formado por todos los recursos necesarios para ejecutar programas. Desde el punto de vista del SO, un proceso es un objeto más que hay que gestionar y al cual hay que dar servicio”.

2. *Definición operativa*: En la actual investigación esta variable se analizará mediante la evolución de los procedimientos utilizados actualmente en la planta eléctrica para el registro y almacenamiento de datos operativos generados por el sistema de control de planta.

3. *Definición instrumental*: Para esta variable de investigación se aplicarán los siguientes instrumentos: encuesta dirigida al personal operativo de la planta eléctrica,

entrevista técnica al personal encargado del sistema SCADA y observación directa de los procesos relacionados con el manejo de los datos operativos.

Variable 2. Requerimientos técnicos para la integración del sistema historiador

1. *Definición conceptual*: Según (Molina, 2023), señala estos requisitos cubren una amplia gama de aspectos, incluidos materiales, métodos de construcción, diseño estructural, eficiencia energética, seguridad, accesibilidad y cumplimiento de estándares nacionales e internacionales

2. *Definición operativa*: En esta investigación, los requerimientos técnicos se analizarán mediante la identificación de las necesidades de hardware, software e insumos necesarios para integrar los instrumentos de medición actuales al sistema SCADA historiador dentro de la planta eléctrica.

3. *Definición instrumental*: Para el análisis de esta variable se aplicarán entrevistas técnicas al personal encargado de la operación y automatización del sistema SCADA, además de observación directa de los equipos y sistemas utilizados para la captura y almacenamiento de los datos operativos

Variable 3. Arquitectura de datos del sistema SCADA historiador

1. *Definición conceptual*: de acuerdo con (inductiveautomation, 2025), la arquitectura básica de SCADA comienza con controladores lógicos programables (PLC) o unidades terminales remotas (RTU). Los PLC y las RTU son microcomputadoras que se comunican con una variedad de objetos, como máquinas de fábrica, interfaces hombre-máquina (HMI), sensores y dispositivos finales, y luego enrutan la información desde dichos objetos a computadoras con software SCADA .

2. *Definición operativa*: En la presente investigación, esta variable se evaluará mediante el análisis de la estructura de almacenamiento, organización y acceso a los datos operativos dentro del sistema SCADA historiador propuesto para la planta eléctrica.

3. *Definición instrumental*: Para esta variable se aplicarán encuestas al personal operativo de la planta, entrevistas técnicas al personal encargado del sistema de control, y observación directa del sistema de monitoreo y gestión de datos operativos.

Tabla 2 Definición, operacionalización e instrumentalización de las variables

Objetivo específico	**Variables de investigación**	**Definición conceptual**	**Indicadores**	**Definición instrumental**
Diagnosticar el proceso actual de toma y gestión de datos operativos en la planta, identificando las necesidades y limitaciones existentes para su integración en un SCADA historiador	Gestión de datos operativos	con base en (Castaño, 2025, pág. 17); "Un proceso es básicamente un entorno formado por todos los recursos necesarios para ejecutar programas. Desde el punto de vista del SO, un proceso es un objeto más que hay que gestionar y al cual hay que dar servicio	Conocimiento del sistema SCADA. Registro de datos operativos. Acceso a datos históricos. Almacenamiento de datos. Análisis de tendencias. Identificación de fallas. Necesidad de mejorar la gestión de datos.	Encuesta dirigida al personal operativo de la planta eléctrica entrevista técnica al personal encargado del sistema SCADA y observación directa del proceso actual de gestión de datos operativos.
Definir los requerimientos técnicos de hardware, software, e insumos necesarios para integrar los instrumentos de medición actuales al sistema historiador,	Requerimientos técnicos para la integración del sistema historiador	Según (Molina, 2023), señala estos requisitos cubren una amplia gama de aspectos, incluidos materiales, métodos de construcción, diseño estructural, eficiencia energética, seguridad, accesibilidad y	Necesidades de hardware. Necesidades de software. Compatibilidad de instrumentos de medición. Integración con el sistema SCADA.	Entrevistas técnicas al personal encargado de la operación y automatización del sistema SCADA y observación directa de los equipos y sistemas utilizados para la captura y

asegurando la captura y almacenamiento de la información		cumplimiento de estándares nacionales e internacionales	Requerimientos de almacenamiento de datos.	almacenamiento de datos operativos.
Evaluar la arquitectura de datos del SCADA historiador en la Planta eléctrica, con el fin de mejorar el registro y análisis de la información operativa.	Arquitectura de datos del sistema SCADA historiador	de acuerdo con (inductiveautomation, 2025), la arquitectura básica de SCADA comienza con controladores lógicos programables (PLC) o unidades terminales remotas (RTU). Los PLC y las RTU son microcomputadoras que se comunican con una variedad de objetos, como máquinas de fábrica, interfaces hombre-máquina (HMI), sensores y dispositivos finales, y luego enrutan la información desde dichos objetos a computadoras con software SCADA . .	Estructura de almacenamiento de datos. Organización de la información. Acceso a datos históricos. Análisis de información operativa. Soporte para toma de decisiones.	se aplicarán encuestas al personal operativo de la planta, entrevistas técnicas al personal encargado del sistema de control, y observación directa del sistema de monitoreo y gestión de datos operativos.

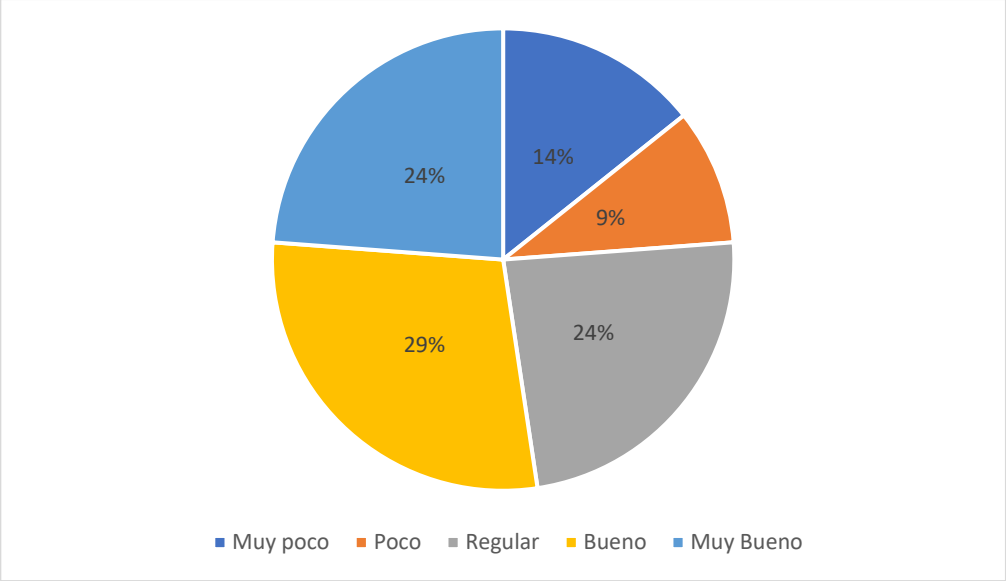
Fuente: Elaboración propia. (2026)

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Gestión de datos operativos en la planta eléctrica.

El propósito de analizar el nivel de conocimiento y percepción del personal técnico y operativo de la planta eléctrica respecto al uso del sistema SCADA, la gestión de datos operativos y la posible implementación de un historiador de datos.

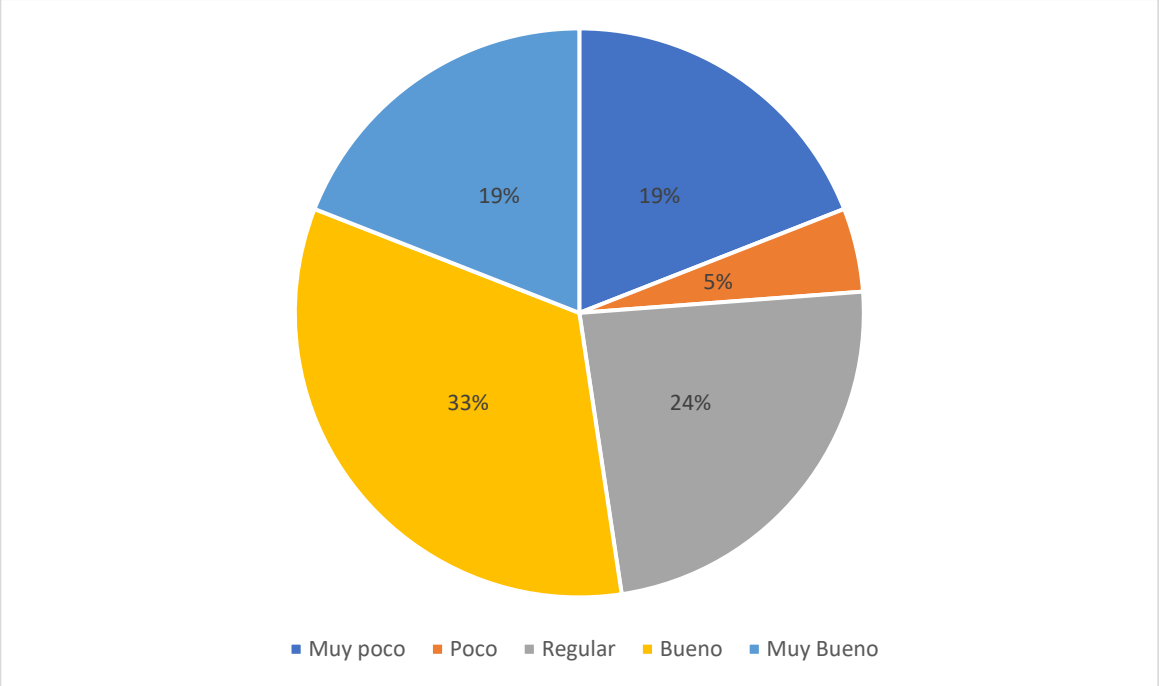
Gráfico 1 Conoce el funcionamiento general del sistema SCADA utilizado en la planta



Fuente: elaboración propia. (2026)

En el gráfico anterior se evidencia que la mayoría de trabajadores poseen un nivel aceptable sobre el funcionamiento general del sistema SCADA se puede observar con 29% lo califica como bueno, un 24, muy bueno lo que representa que es más de la mitad de la población no se puede quedar atrás de los que piensan que es poco, regular o muy poco esto es lo que viene a representar un bajo conocimiento por ende no importa que exista una base sólida de comprensión del sistema hay un grupo significativo que si se requiere una capacitación para lograr un dominio equilibrado.

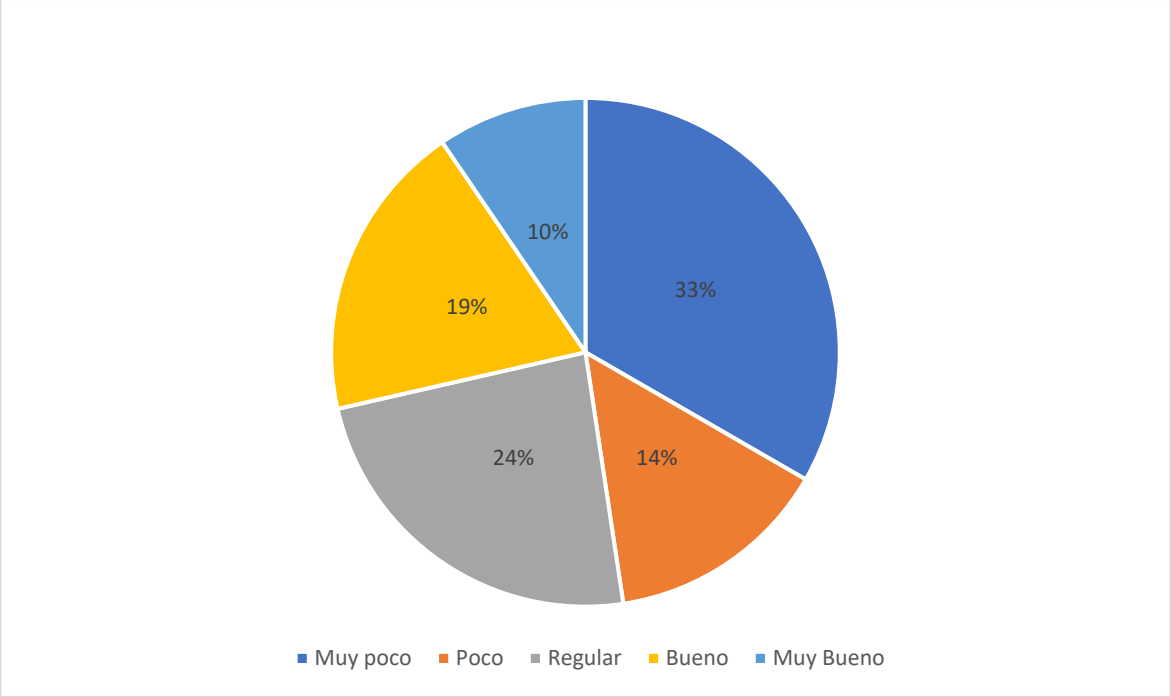
Gráfico 2 Tiene conocimiento sobre cómo se registran actualmente los datos operativos del sistema



Fuente: elaboración propia. (2026)

En el gráfico anterior basado en el conocimiento sobre cómo se registran los datos operativos los resultados muestran una tendencia positiva por lo que un 33% lo califica como bueno y un 19% como muy bueno esto da señal de que la mitad del personal comprende adecuadamente el proceso de los registros. No dejando por fuera que existe el grupo que refleja la necesidad de reforzar procesos de formación en el manejo y el registro de información operativa los cuales son un 24% que indican un nivel regular y un 24% que presenta limitaciones.

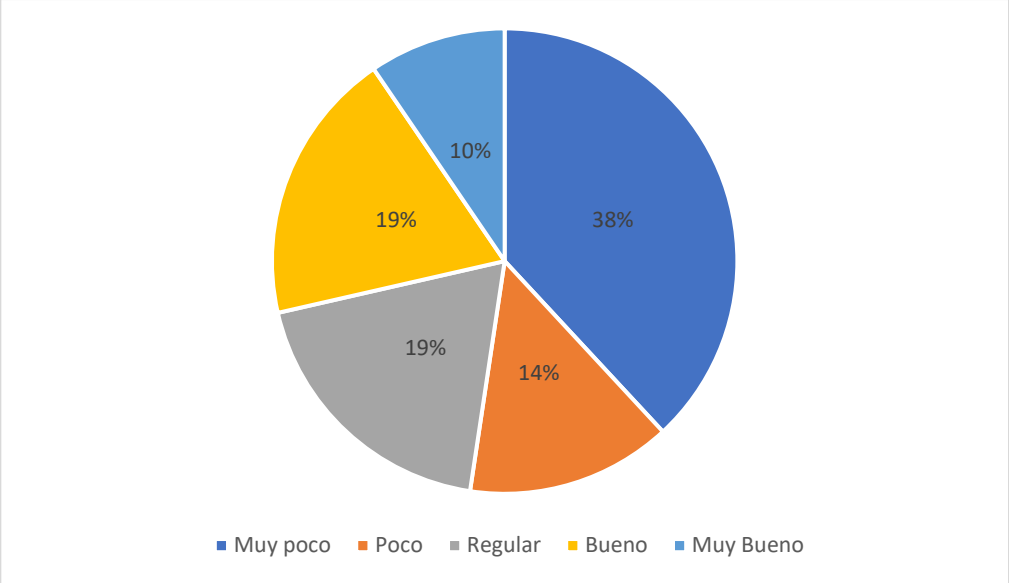
Gráfico 3 ¿Conoce cómo se consultan los datos históricos del proceso cuando se requiere analizar una falla o evento?



Fuente: elaboración propia. (2026)

En el gráfico se aprecia una debilidad importante en el conocimiento sobre la consulta de datos históricos. Un 33% indica tener muy poco conocimiento y un 14% poco lo que suman casi de la mitad de los encuestados con dificultades en este aspecto, pero también está un 29% que demuestra un manejo adecuado la mayoría presenta limitaciones, esto refleja claramente que para poder mejorar un análisis de eventos y fallas mediante el uso de datos históricos se debe capacitar al personal.

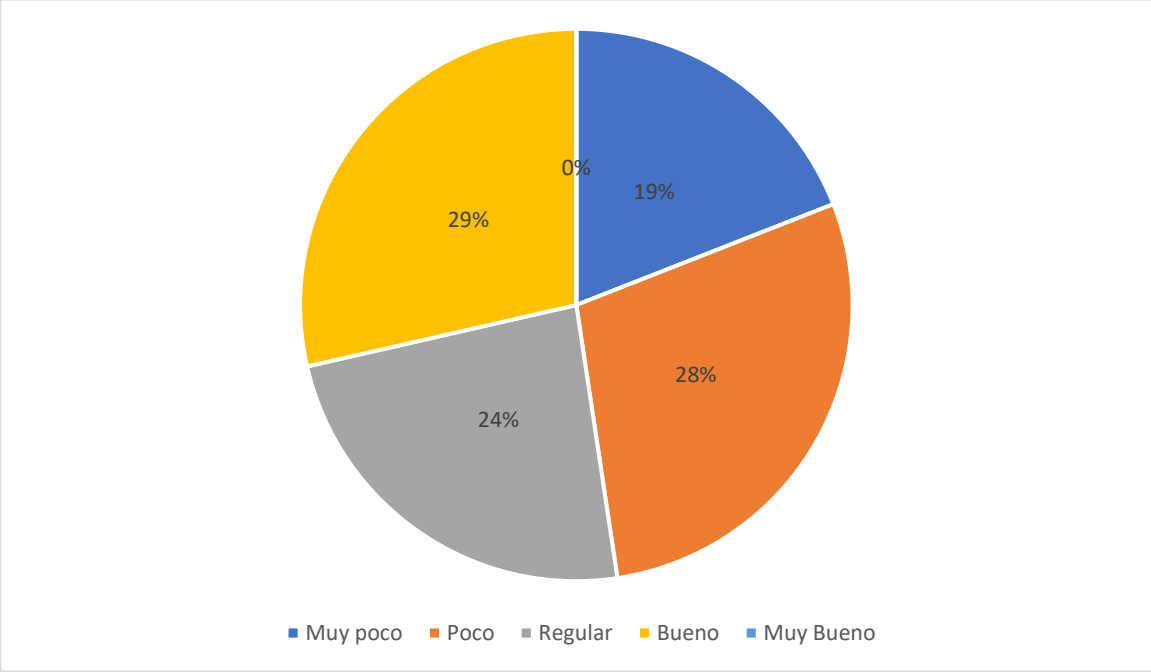
Gráfico 4 Considera que el sistema actual permite acceder fácilmente a datos históricos de operación



Fuente: elaboración propia. (2026)

Los datos del gráfico muestran mayoritariamente negatividad respecto a la facilidad de acceso a los datos. Un 52% considera que es muy poco accesible por lo que evidencia que más de la mitad de los trabajadores encuentra dificultades para acceder a esta información. La percepción general indica que el sistema actual presenta limitaciones importantes a este aspecto, y esto afecta el análisis eficiente de la operación.

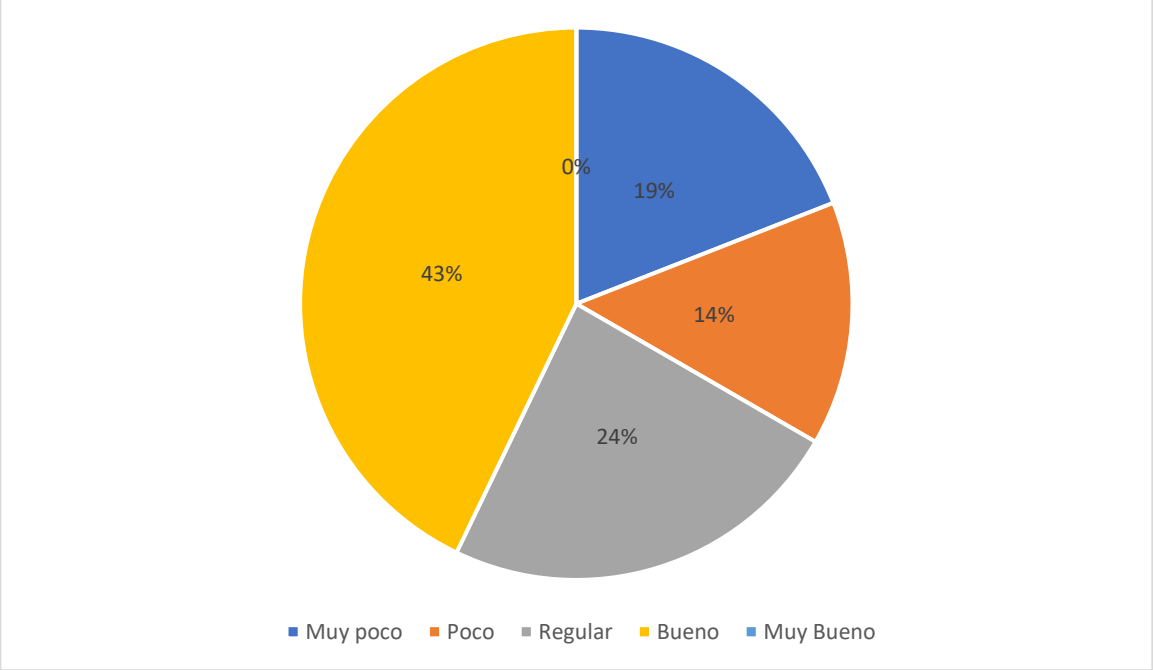
Gráfico 5 Cree que el almacenamiento actual de datos es suficiente para realizar análisis de tendencias del proceso



Fuente: elaboración propia. (2026)

El gráfico anterior refleja que la suficiencia de almacenamiento de datos para el análisis de tendencia refleja opiniones un poco tergiversadas ya que el 48% lo califica entre poco y muy poco esto es una perspectiva negativa predominante pero también hay un lado de un 28% dónde lo consideran bueno y un 24 regular lo importante de destacar es que ninguno de los encuestados dio un aspecto muy bueno lo que evidencia una clara debilidad en la capacidad de almacenamiento en el sistema actual.

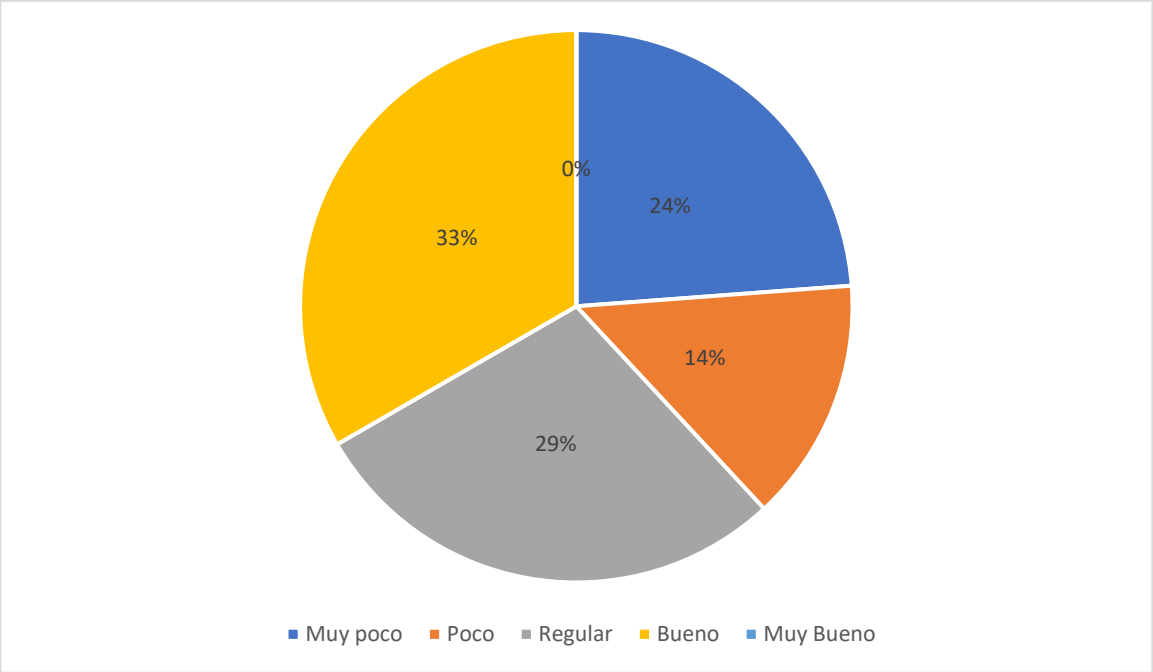
Gráfico 6 Considera que la gestión actual de datos operativos facilita la toma de decisiones en la planta



Fuente: elaboración propia. (2026)

Los datos anteriores muestran una percepción moderada positiva en lo que es la influencia de la gestión de datos de toma de decisiones cabe destacar que un 43% califican bueno lo que indica que parte importante del personal considera que la información disponible es muy importante en el proceso de decisión, analizando la ausencia de valoraciones muy buena y que entre poco y muy poco hay un 33% esto da a entender que existen limitaciones que podrían afectar la eficiencia en cuanto a toma de decisiones.

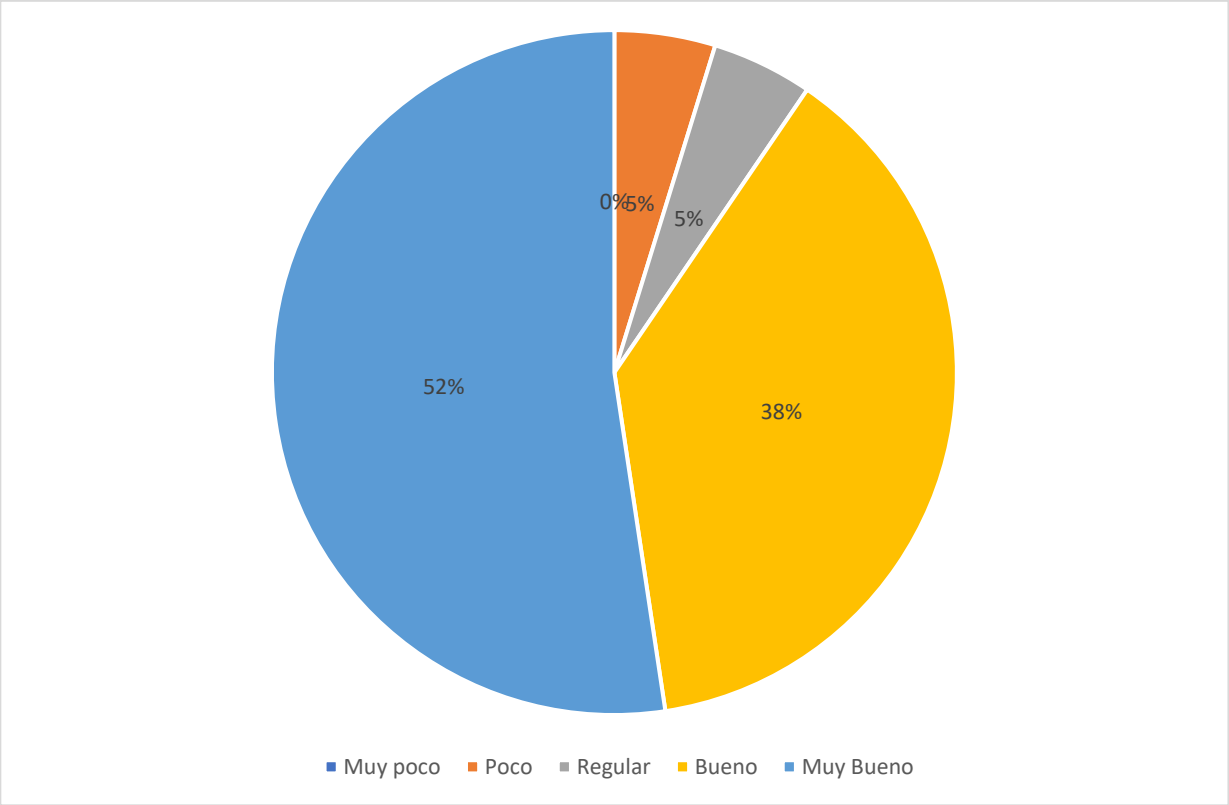
Gráfico 7 El sistema actual permite identificar fallas operativas a partir del análisis de datos históricos



Fuente: elaboración propia. (2026)

Se puede observar una relatividad positiva ya que se considera que el sistema permite identificar fallas de manera buena no obstante hay un 48% qué evidencia es casi la mitad de los trabajadores que no están en la capacidad entonces el sistema actual no está haciendo provechado al máximo o presenta limitaciones funcionales en lo que es el análisis de falla.

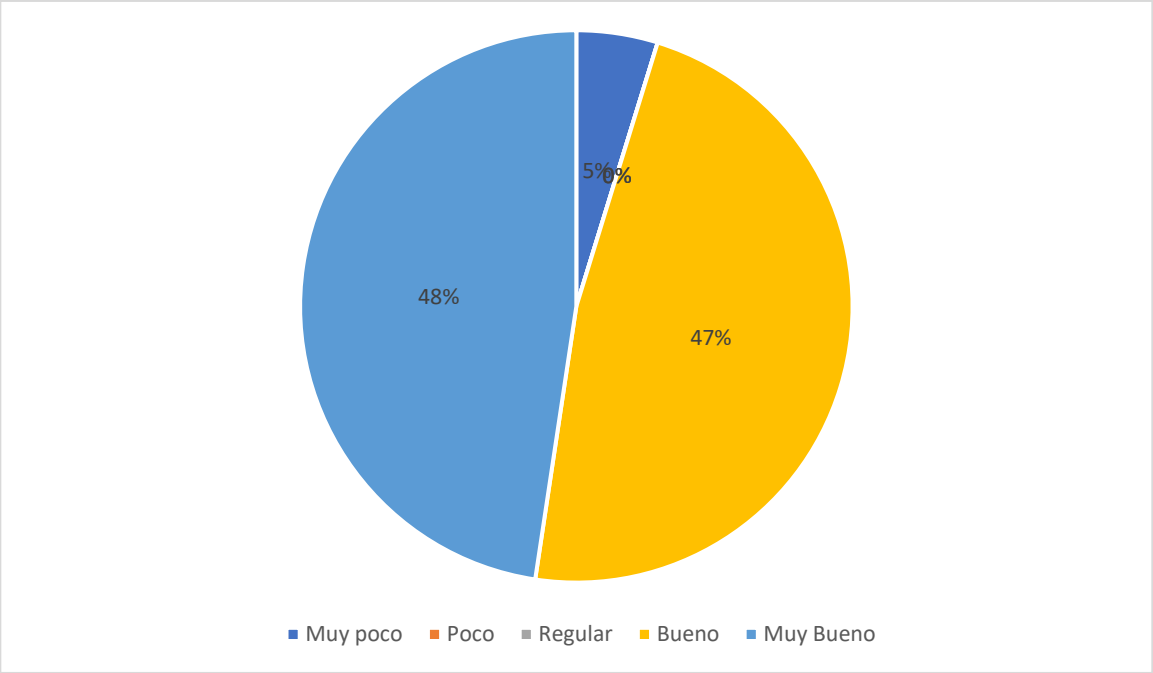
Gráfico 8 Considera necesario mejorar el almacenamiento y análisis de los datos operativos del sistema



Fuente: elaboración propia. (2026)

Los resultados son sumamente contundentes por lo cual un 90% opina que es necesario mejorar el almacenamiento y análisis de los datos operativos, esto quiere decir que los trabajadores tienen claro sobre la necesidad de implementar mejoras en el sistema actual lo que viene respalda la pertinencia de las propuestas tecnológicas orientadas a optimizar la gestión de información.

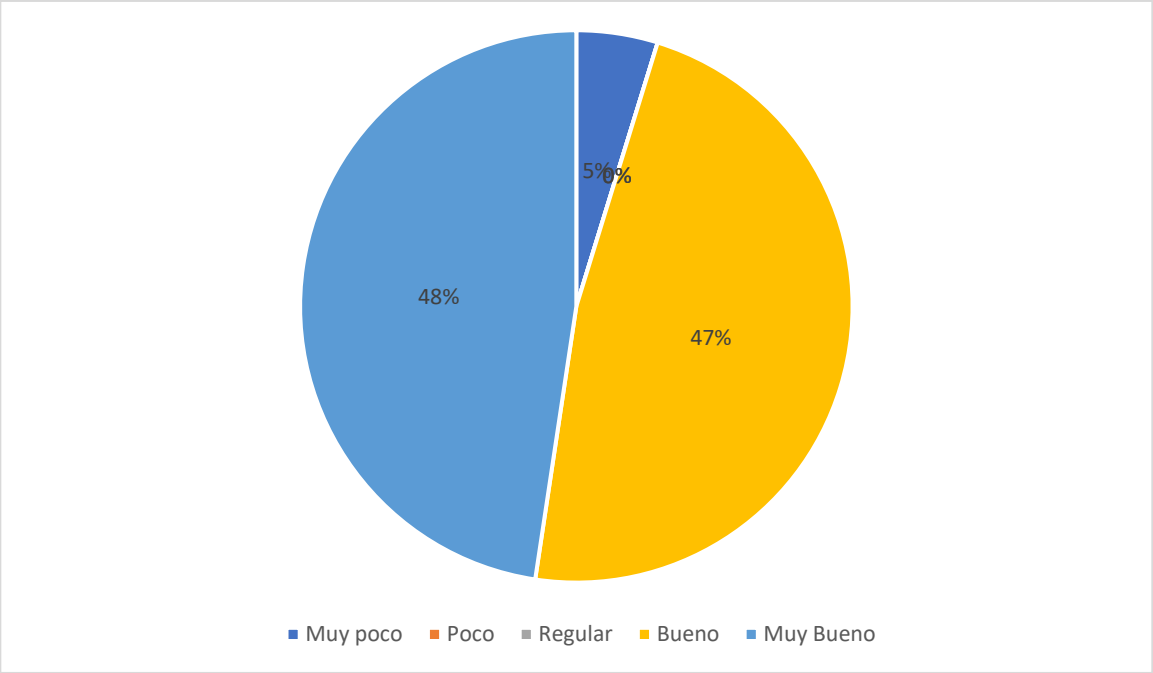
Gráfico 9 La implementación de un sistema historiador de datos facilitaría el análisis de la información operativa.



Fuente: elaboración propia. (2026)

En este gráfico se puede observar que la utilidad de implementar un sistema historiador de datos, el 95% de los trabajadores lo reconocen el valor de esta herramienta esto con el fin de facilitar el análisis de la información operativa y es una solución a las limitaciones actuales.

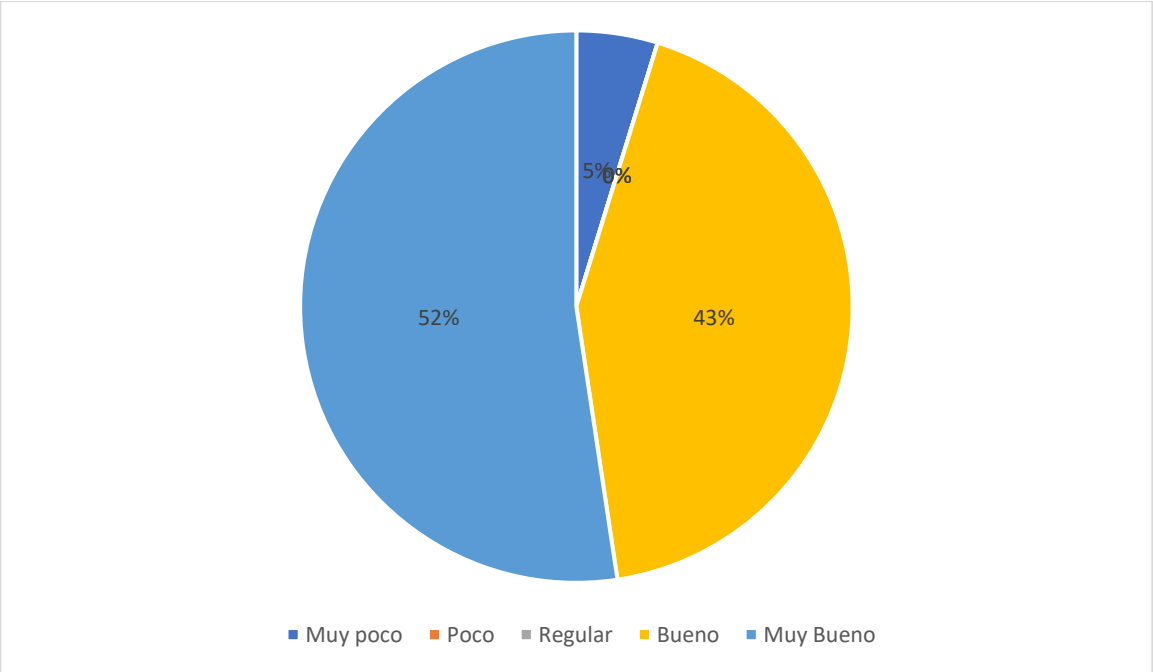
Gráfico 10 Un sistema historiador permitiría mejorar la toma de decisiones operativas en la planta.



Fuente: elaboración propia. (2026)

Un 95% de los trabajadores encuestados reflejan que un sistema historiador daría un mejor soporte en la toma de decisiones operativas, esto indica que los trabajadores perciban una relación directa entre la disponibilidad de información histórica y la eficiencia en la gestión de la planta.

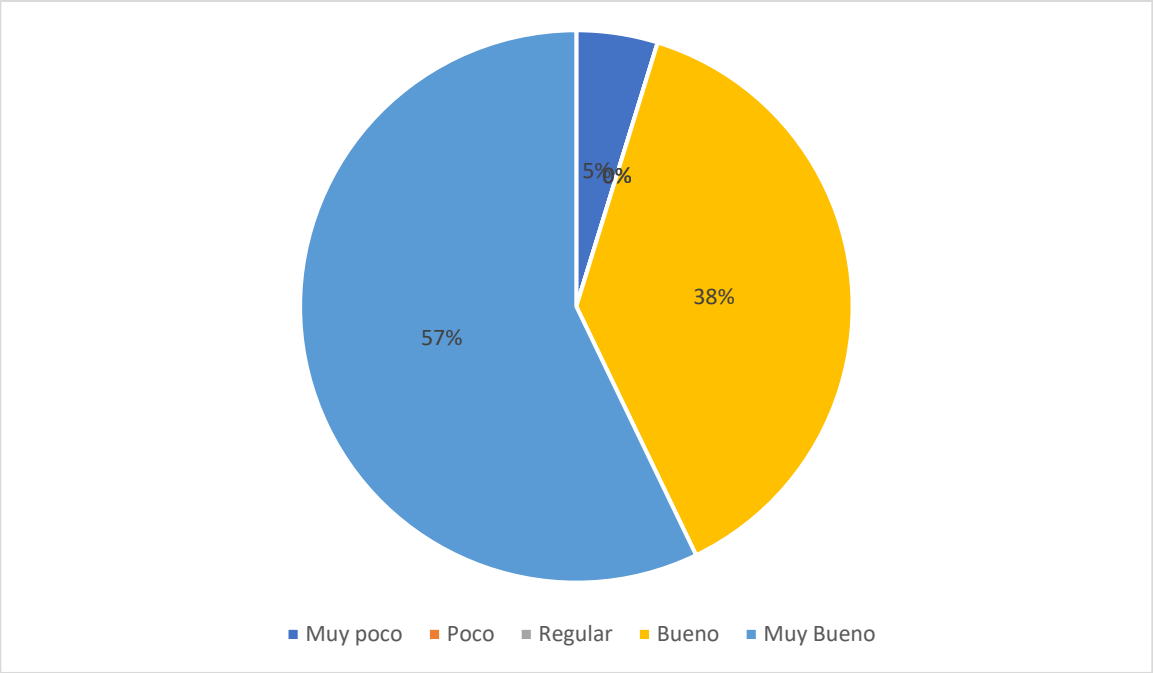
Gráfico 11 El almacenamiento histórico de datos ayudaría a identificar tendencias y posibles fallas en los equipos.



Fuente: elaboración propia. (2026)

cuando se habla de considerar el almacenamiento histórico un 95% de los encuestados ayudaría a identificar tendencias y posibles fallas esto evidencia Juan importante es contar con información histórica organizada y accesible para mejorar el análisis predictivo y preventivo dentro de la operación.

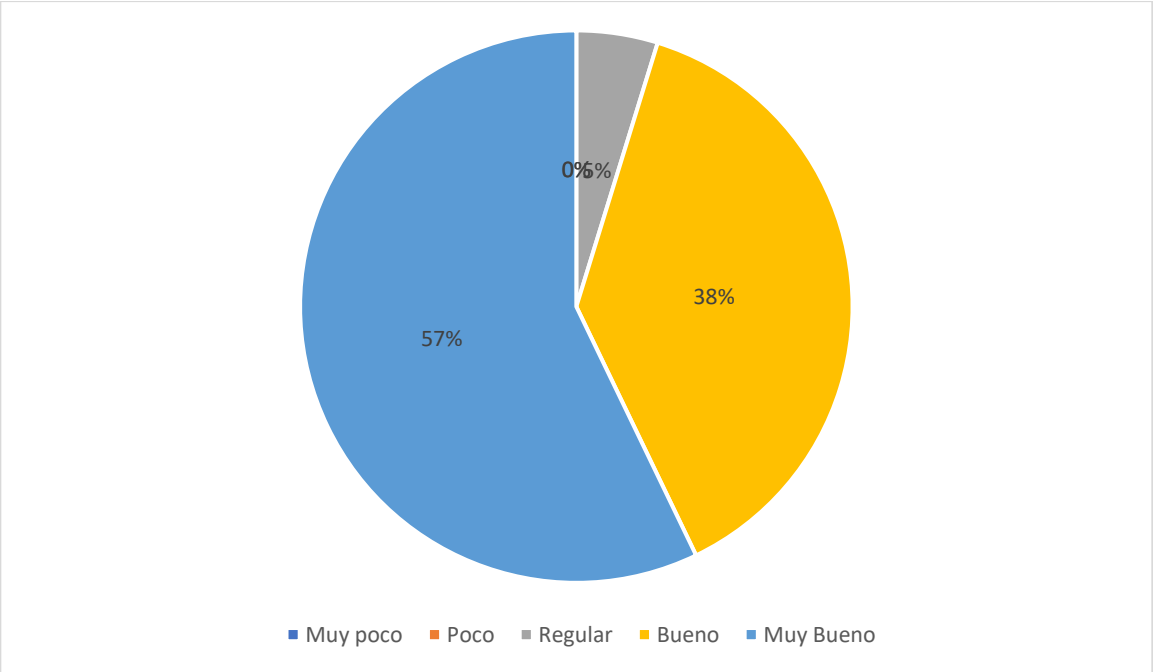
Gráfico 12 La disponibilidad de datos históricos facilitaría la planificación de mantenimiento.



Fuente: elaboración propia. (2026)

Un 95% ya los encuestados los cual genera unos resultados altamente positivos valoran entre bueno y muy bueno que la disponibilidad de datos históricos por el motivo de que facilitaría la planificación del mantenimiento, esto demuestra que los trabajadores entienden el impacto directo que tiene la información en gestión eficiente de los recursos y la prevención de fallas.

Gráfico 13 La implementación de un historiador de datos mejoraría la gestión de información dentro del sistema SCADA.



Fuente: elaboración propia. (2026)

Un 95% considera que la implementación de un sistema historiador mejoraría la gestión de la formación dentro del sistema SCADA esto con el fin de confirmar la necesidad de modernizar el manejo de datos y respalda la propuesta de implementación como una solución estratégica que podría tener la planta.

La siguiente es la entrevista realizada al ingeniero encargado de operaciones supervisor y control del sistema SCADA en la planta eléctrica, Esto con el fin de recopilar información sobre el manejo actual de datos operativos. El instrumento permite identificar principales características como lo es limitaciones existentes de almacenamiento acceso han y análisis de información también busca conocer la percepción del personal la posible

implementación de un sistema e historiador de datos como una herramienta de mejora para la gestión operativa y toma de decisiones dentro de la planta.

Tabla 3 Ingeniero operación y monitoreo del sistema SCADA en la Planta Eléctrica

	Pregunta	**Respuesta**
1-	¿Qué sistema se utiliza actualmente para el monitoreo y control de los procesos en la Planta eléctrica?	Utilizamos un sistema compuesto por varios componentes, el touch panel utiliza un programa llamado Intouch, los PLC son de Allan Bradlley, plataformas Wonderware system por mencionar los más destacados, pero el sistema trabaja como un todo anteriormente conocido como SpeedTronic
2-	¿Cómo se almacenan actualmente los datos operativos generados por el sistema de control de la planta?	Prácticamente no hay. Los datos los toman los operadores cada hora en una hoja, esto dificulta su análisis, otra forma es haciendo capturas de pantalla, sin embargo, esta forma de almacenar datos no es fiable para estos tiempos
3-	¿Existen limitaciones en el acceso o disponibilidad de datos históricos para el análisis de operación y mantenimiento?	Los datos están, solo es de: buscar los datos, ingresar los datos 1 en 1 en una hoja de Excel, graficarlos uno por uno y visualizarlos, pero, solo se puede graficar lo que está escrito… y lo que sucedió en esa hora, es una sorpresa
4-	¿Qué tipo de variables o parámetros operativos considera que deberían almacenarse en un sistema historiador de datos?	Actualmente en el SCADA modernizado están todas las variables que se consideraron importantes en su momento, se digitalizaron las que los Ingenieros de cada área solicitaron. Incluiría un transductor para visualizar el divisor de flujo.

5- ¿Cómo se realiza actualmente el análisis de tendencias o comportamiento de las variables del proceso?	Durante la operación de las unidades los operadores deben reportar cualquier dato que salga de los parámetros operativos, esto queda a la experticia de cada operador y que este corrobore con los manuales del fabricante. Con algunos de los datos tomados se genera un reporte mensual llamado Control estadístico de Proceso que sirve de ayuda, sin embargo, es muy poco la información que aporta y en caso de requerir una variable especifica se debe realizar el estudio a pie
6- ¿Qué dificultades se presentan al momento de analizar información histórica para la toma de decisiones operativas?	La letra es la primera dificultad, ausencia de datos, datos incorrectos, tiempo que se requiere para realizar el proceso.
7- ¿Considera que la implementación de un sistema historiador de datos mejoraría la gestión de la información operativa de la planta? ¿Por qué?	Podremos realizar estudios del comportamiento de los equipos durante toda la operación y no hora a hora, podríamos corregir fallas de forma más acertada y rápida, determinaríamos la salud de la unidad, toma de decisiones para los mantenimientos más acertadas, realizar análisis causa-raíz con criterios, etc
8- ¿Qué beneficios considera que aportaría un sistema SCADA con historiador de datos para la operación y mantenimiento de la planta?	En el área operativa: reducción del desperdicio de hojas, datos reales en tiempo real, disponer del recurso humano en otras tareas Mantenimiento visualizar comportamientos en tiempo real y pasado, para casi determinar el comportamiento futuro

La entrevista realizada al coordinador del área eléctrica evidencia que la planta en sí tiene un sistema de SCADA lo único tiene importantes debilidades en la gestión de datos operativos, especialmente en lo que es el almacenamiento y aprovechamiento. Uno de los principales hallazgos es la ausencia de un sistema estructurado para almacenamiento de datos históricos. Aunque una parte de la información el registrada manualmente por los operadores en hojas físicas o también les toman capturar pantalla lo cual es su método poco eficiente, esto puede traer errores y conllevar a una baja confiabilidad. Esta situación significativamente trae un límite a la capacidad de análisis ya que estos datos no se encuentran centralizados ni disponibles en forma inmediata para su consumo.

También identifica una serie de dificultades en lo que es el acceso y el uso de información histórica. El proceso de búsqueda, digitalización y análisis de datos lo cual el proceso es un poco lento y tedioso ya que esto tiene que ser ingresado de manera manual en lo que se le Excel esto con el fin de generar gráficos o dar cierta interpretación. Además, el depender de registros puntuales realizados cada cierto tiempo, hay una pérdida de cantidad de información intermedia, que esto impide tener una visión completa de cómo es el comportamiento de los procesos y trae una dificultad en la identificación de fallas o tendencia.

Qué pasa con el análisis de las variables operativas esto es gran medida de la experiencia del personal que lo introduce como un componente subjetivo en lo que es toma de decisiones, sí existen reportes periódicos como el de control estadístico del proceso, pero son limitados y no son de manera eficaz a necesidades específicas del análisis detallado esto evidencia la falta de herramientas automatizadas que vienen a permitir un monitoreo continuo y un análisis más profundo de la información.

Otro punto relevante son los problemas asociados a la calidad de datos como son registros ilegibles, incompletos o de manera incorrecta esto afecta directamente a las confiabilidad y credibilidad de la información disponible. A esto se le suma el tiempo considerable que se requiere para procesar datos los cuales reducen la capacidad de respuesta ante la situación operativas críticas. La entrevista también refleja la percepción altamente positiva con respecto a lo que es una implementación de un sistema eso es labor de datos. El personal reconoce que la herramienta permitiría demasiada información Se puede almacenar

de manera continua, el comportamiento de los equipos en tiempo real y a lo largo del tiempo, identificar con mayor precisión y no tiene sesión de toma de decisiones esto permite un mejor aprovechamiento de los recursos humanos.

No obstante, la entrevista también refleja una percepción altamente positiva respecto a la implementación de un sistema historiador de datos. El personal reconoce que esta herramienta permitiría almacenar información de manera continua, analizar el comportamiento de los equipos en tiempo real y a lo largo del tiempo, identificar fallas con mayor precisión y mejorar la planificación del mantenimiento. Además, se destaca que facilitaría el análisis causa-raíz, optimizaría la toma de decisiones y permitiría un mejor aprovechamiento de los recursos humanos.

En el ámbito operativo, la implementación de un historiador contribuiría a reducir procesos manuales, eliminar el uso excesivo de papel y disponer de información confiable en tiempo real. En mantenimiento, permitiría evaluar el estado de los equipos, detectar patrones de comportamiento y anticipar posibles fallas, lo que favorecería una gestión más preventiva que correctiva. Los resultados de la entrevista evidencian una brecha significativa entre las capacidades del sistema SCADA actual y el aprovechamiento efectivo de los datos generados. Esta situación justifica la necesidad de implementar un sistema historiador de datos que permita mejorar la gestión de la información, fortalecer el análisis operativo y optimizar la toma de decisiones en la planta eléctrica.

La siguiente entrevista fue realizada al Ing. del departamento eléctrico de dicha planta, llegando a ser supervisor del departamento eléctrico e informático del sistema SCADA en la Planta Hidroeléctrica Paraiso, el objetivo de esta es conocer la gestión de los datos operativos En un sistema que ya cuenta con un historiador implementado. Esto con el fin de que se puede comparar o tener una referencia para evaluar la viabilidad de implementar un sistema similar para la Planta Eléctrica

Tabla 4 Encargado de la operación, supervisión y gestión del sistema de control de la Planta Hidroeléctrica Paraiso

	Pregunta	Respuesta
1-	¿Qué sistema se utiliza actualmente para el monitoreo y control de los procesos en la Planta Paraiso?	SCADA 250 Siemens, para visualización de datos del historiador utilizamos el programa TREND
2-	¿Cómo se almacenan actualmente los datos operativos generados por el sistema de control de la planta?	Se almacenan en los servidores de forma virtual, con respaldos o redundancias para evitar que la información se pierda
3-	¿Existen limitaciones en el acceso o disponibilidad de datos históricos para el análisis de operación y mantenimiento?	Si, se restringe el acceso a la información como toda planta de generación de las empresas eléctricas, máxime que es un punto donde se puede generar un daño informático a la planta. Los datos que se requieran se le solicitan al operador de la planta (tiene acceso 24/7) o al ingeniero o supervisor del área eléctrica/informática
4-	¿Qué tipo de variables operativos imprescindibles considera que deberían almacenarse en un sistema historiador de datos?	Debido a que somos una planta modernizada en su totalidad en el 2015, tenemos prácticamente todo en el historiador: están las medulares: Corrientes y voltajes de excitación, en el generador, Potencia, Vibraciones, temperaturas, presiones, caudales. Muchas de ellas no aportan tanta importancia como otras, pero todas están
5-	¿Cómo se realiza actualmente el análisis de tendencias o comportamiento de las variables del proceso?	Todos los meses se descarga las variables del control estadístico de proceso el cual debe realizar y analizar el operador en primera instancia, si algo sale de control se debe generar una apertura de aviso para su revisión, posteriormente se remite a los ingenieros para su valoración.

	De forma diaria los operadores deben revisar las gráficas que muestra el comportamiento de los equipos y reportar cualesquier anomalías. También se realizan rutas de inspección para corroborar la integridad de los equipos o lecturas. Se valoran datos en el tiempo para correlacionar y tomar decisiones cuando suceden fallas, estas decisiones se valoran en conjunto con todas las áreas de mantenimiento
6- ¿Qué dificultades se presentan al momento de analizar información histórica para la toma de decisiones operativas o de mantenimiento?	Afortunadamente ninguna, la información siempre esta, solo es de consultarla
7- ¿Considera que la implementación de un sistema historiador de datos mejoró la gestión de la información operativa de la planta? ¿Por qué?	Mejoró mucho, esta herramienta ayuda en la gestión de mantenimientos preventivos, y también al realizar mantenimientos correctivos de forma focalizada. Los datos ya no se almacenan los datos en papel eso nos facilita la búsqueda de datos, fallas, comportamientos, etc.
8- ¿En cuánto tiempo mejoró la búsqueda de la información de fallas del sistema anteriormente utilizado a este modernizado?	Al visualizar todos los datos de forma simultánea justo en el momento de la falla, se puede analizar cual componente actuó primero y con esto reducimos tiempos de atención de fallas, estimaciones propias mejoró la búsqueda de fallas entre 40 a 50%.

Con información obtenida de la entrevista se evidencia que la planta hidroeléctrica Paraiso cuenta con un sistema SCADA robusto y modernizado ya que esto incluye un historiador de datos que permite almacenar, gestionar y analizar información operativa de

manera eficiente. Este sistema cuenta con un apoyo en tecnologías súper especializadas que facilitan visualizar datos y el monitoreo continuo de las variables críticas del proceso.

Uno de los aspectos relevantes es el almacenamiento de datos esto se realizan de forma digital en servidores con sistemas de respaldo y redundancia esto garantiza la integridad y disponibilidad de la información. Esto es muy diferente a los sistemas tradicionales basados en registros manuales este enfoque permite contar con datos completos, continuos y confiables lo que da una base sólida para el análisis operativo y la toma de decisiones.

Basándose en el acceso de la información, existen restricciones por motivos de seguridad propias esto es una limitación no significativa ya que el personal autorizado puede acceder a los datos en cualquier momento esto es más como un control de protección a la información como su disponibilidad para quienes lo requieran en operación diaria.

Otro punto clave es la amplia cobertura de variables almacenadas en el sistema historiador va desde los parámetros fundamentales como lo son Corrientes, voltajes, potencia, temperatura, presiones, vibraciones y caudales lo que permite un monitoreo integral del comportamiento de los equipos. Esta disponibilidad de información facilita el análisis detallado y así identificar patrones o problemas en el funcionamiento del sistema, el análisis de tendencias se realiza de una forma sistemática y estructurada son revisiones diarias por parte de los operadores, pero con evaluaciones mensuales más profundas mediante herramientas de control de procesos. También se integran inspecciones físicas y el trabajo conjunto con distintas áreas que lo que viene es a fortalecer la confiabilidad tanto en los diagnósticos como las decisiones que son tomadas.

El ingeniero hace recalca en un aspecto muy importante el cual es que no existen dificultades significativas en el análisis de la información histórica esto da a entender que la disponibilidad inmediata de la información permite realizar análisis oportunos y a la mayor brevedad Y esto hace que se reduzca la incertidumbre de la operación.

Se puede entender que la implementación del sistema histórico ha generado sustanciales mejoras en lo que es tanto la gestión operativa como los mantenimientos estos

traen beneficios y los principales son la eliminación del uso de registros de papel, la facilidad de información histórica, la capacidad de analizar fallas con mayor precisión y la optimización de los procesos de mantenimiento tanto preventivo como correctivo.

Asimismo, se evidencia que la implementación del sistema historiador ha generado mejoras sustanciales en la gestión operativa y de mantenimiento. Entre los principales beneficios se destacan la eliminación del uso de registros en papel, la facilidad para acceder a la información histórica, la capacidad de analizar fallas con mayor precisión y la optimización de los procesos de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo. Otro destacable es la mejora de la atención de fallas donde se indica una reducción del tiempo del análisis de hasta un 50%, esto debido a la posibilidad de visualizar de una manera simultánea todas las variables cuando ocurren una falla por lo que permite tomar una decisión acertada y se identifica la raíz del problema.

La experiencia que ha tenido la Planta Paraiso demuestra que la implementación de este sistema SCADA con historiador de datos presenta una mejora significativa en la gestión de información operativa en este caso evidencia cómo la digitalización, el almacenamiento continuo y el análisis automatizado de datos contribuyen a optimizar la operación, reducir tiempos de respuesta y fortalecer la toma de decisiones siendo un referente para la modernización de otras plantas especialmente la que se está estudiando

Esta última entrevista fue aplicada al ingeniero eléctrico encargado del mantenimiento eléctrico e informático del sistema SCADA en la Planta eléctrica corresponde a la técnica los 5 por qué, se usa con el fin de profundizar en las causas de raíz relacionadas con la ausencia de un sistema historiador de datos así como comprender las limitaciones del sistema actual y las necesidades de implementar una solución tecnológica que mejore la gestión de la información operativa y la toma de decisiones en planta.

Pregunta	**Respuesta**
1- ¿Por qué es necesario un historiador de datos para la planta?	Nos ayudará a identificar patrones, comportamientos en las unidades de generación, ayuda en la detección de fallas

	y para conocer como estuvo X equipo en cualquier momento necesario
2- ¿Por qué es un problema analizar las tendencias?	Con el método actual solo se permite ver una parte del comportamiento, justo en ese momento, pero no una trazabilidad adecuada, además, el sistema actual aparte de ser deficiente, quita tiempo, no es confiable
3- ¿Por qué la planta no posee un historiador de datos?	La planta tuvo 2 historiadores, sin embargo, al virtualizar los equipos, entraban en conflicto generando fallas, por lo que se tomó la decisión de no seguir pagando la licencia
4- ¿Por qué no seguir utilizando el método actual?	No es viable si se desea hacer las cosas con excelencia, ese sistema, está obsoleto
5- ¿Por qué la tenencia del historiador es una solución definitiva?	Es a donde apunta el horizonte, es a donde queremos llegar, dejar de tomar decisiones meramente por instinto, sin una base sólida, sin evidencia y nos ayuda a bajar costos por indisponibilidades

Es de la técnica de los 5 por qué es para lograr identificar con claridad la problemática central relacionada con la gestión de datos operativos de la planta eléctrica evidenciando lo cual importante es un sistema historiador y que no es un problema aislado si no el resultado de técnicas previas y limitaciones estructurales del sistema actual.

En primer lugar, la importancia un historiador de datos es una herramienta clave para el análisis del comportamiento de las unidades de generación, esa capacidad de almacenar información continua permitirá identificar patrones, tendencias y anomalías en los equipos, lo cual es muy importante para la detección temprana de fallas y la evaluación del estado operativo en cualquier momento esto refleja una necesidad clara de contar con información confiable disponible de manera inmediata.

Otro punto importante que evidencia es que el método actual un que se realizan análisis presenta limitaciones ya que no sólo permite observar la información puntual sin una trazabilidad completa, la falta de continuidad impide comprender las variables a lo largo del tiempo, afectan o que es una toma de decisiones, además he desgastante, insuficiente y algo muy importante es que no hay una confiabilidad que eso es lo que limita que sea útil para una toma de decisiones.

Otro es que la planta años atrás tenía sistemas de historiadores esto nos da a entender que la necesidad ya había sido identificada, pero por problemas técnicos asociados a una virtualización de equipos generaron conflictos operativos que llevan a una descontinuación principalmente en lo que es los costos de las licencias. Esto hace que la problemática no sólo radique en la falta de conocimiento sobre la herramienta si no en implementación inadecuada y en limitaciones de tecnologías en la actualidad.

El análisis también pone evidencia que ya el sistema actual es obsoleto y no viable para cumplir estándares de eficiencia y excelencia operativa, qué sucede si este método continúa es mantener procesos ineficientes, una alta dependencia a registros manuales y no tener una base sólida dónde se puedan tomar información para las decisiones claras.

Se puede concluir que la implementación de un sistema historiador de datos no sólo es necesario, sino que representa una solución para la planta, es una herramienta que transformará la toma de decisiones, basado en la experiencia o en la intuición fundamental en datos verificables y reales no dejando atrás que reducirá costos asociados a fallas e indisponibilidad de equipos va a fortalecer la gestión del mantenimiento y optimizar la operación.

Esta técnica que evidencia claramente la raíz del problema se encuentra de un sistema adecuado para la gestión de datos históricos lo cual brinda una solución integral que responde a las necesidades actuales y futuras de la planta eléctrica.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este capítulo pretende exponer las conclusiones y recomendaciones derivadas del desarrollo del proyecto, el cual está orientado en una implementación de un sistema de SCADA con historiador de datos para mejorar la gestión de la información operativa y la toma de decisiones en la Planta eléctrica.

Conclusiones

1. La implementación de un sistema SCADA con historiador en la planta eléctrica se puede concluir que no sólo es pertinente es necesario para garantizar una adecuada gestión de la información operativa y fortalecer los procesos de toma de decisiones. El análisis permitió evidenciar que, si bien la planta tiene un sistema funcional para el monitoreo en tiempo real, presenta una limitación crítica porque no tiene un sistema robusto de almacenamiento de datos históricos.

   Entonces estas carencias abren una brecha grande en lo que es disponibilidad de datos en tiempo real y aprovecharlos a largo plazo, entonces el almacenamiento estructurado y el acceso eficiente a grandes volúmenes de información lo cual contribuye directamente a una mejora deficiencia, confiabilidad y sostenibilidad del sistema de generación eléctrica.

2. Se termina que la planta presenta importantes limitaciones en cuanto a lo que es la gestión de información histórica ya que no tiene un mecanismo automatizado ni centrado en lo que es él almacenamiento de datos, esta situación impide realizar análisis retrospectivos confiables, comparar comportamientos en distintos periodos y generar información estratégica para que el proceso sea óptimo, teniendo un sistema SCADA obsoleto, como una herramienta integral de gestión, reduce la función meramente operativa en tiempo real y esto falla en lo que es toma de decisiones e incluso correcciones de fallas.

3. Otro punto por determinar son los métodos actuales de registro de almacenamiento de datos operativos, ya que están basados anotaciones manuales que realizan los operadores e incluso a por uso de capturas de pantalla que son altamente ineficientes obsoletos a la existencia de tecnologías actuales. Estos métodos presentan múltiples limitaciones, entre los cuales destacan la susceptibilidad a errores humanos la inconsistencia en los registros e incluso pérdida y deterioro de la información o acceder de manera ágil y oportuna. La falta de una estandarización en la recolección de datos afecta su calidad lo que limita la posibilidad de realizar análisis técnicos y precisos. Y esto viene a generar experiencia y criterio del operador, porque él es un componente en la toma de decisiones, pero se deja de un lado un enfoque basado en datos verificables.

4. La implementación de un sistema historiador no es solo por lo moderno si no porque es una herramienta capaz de almacenar datos de forma continua, estructurada y automatizada lo cual va a brindar un análisis de tendencias, la identificación es de patrones de comportamiento en los equipos y la detección temprana, a posibles fallos. Otro punto importante es el análisis causa raíz queda con mayor precisión, optimizar la planificación y el mantenimiento y adoptar estrategias que reduzcan la ocurrencia de fallas inesperadas. En consecuencia, se lograría una mayor eficiencia en operación, una reducción de unos tiempos y un óptimo uso tanto el personal humano como de los recursos técnicos.

5. Los resultados obtenidos p por medio de la encuesta refleja que el personal sí tiene conocimiento general sobre el funcionamiento del sistema lo cual es una fortaleza en términos de operación base pero tienen ciertas debilidades en lo que sea el manejo, y aprovechamiento de la información histórica, Entonces esto limita el uso de un sistema como herramienta estratégica para la toma de decisiones esta situación pone a ver la necesidad de fortalecer no sólo una infraestructura tecnológica sí no también la competencia del personal en cuanto a lo que es análisis de datos.

6. En cuanto al acceso de la información histórica es una de las principales debilidades del sistema actual ya que los procesos a obtener y analizar datos son complejos lentos y poco eficientes, cabe entender que el hecho de la información debe ser buscada

manualmente, transcribirla y posteriormente ser procesada, esto genera retrasos significativos en cuanto al análisis reduce la capacidad de respuesta en situaciones críticas, y afecta directamente la eficiencia operativa y la capacidad de la planta de anticiparse a una futura falla o tomar decisiones en una falla eventualmente.

7. El sistema actual no cuenta con la capacidad necesaria para almacenar grandes volúmenes de datos de forma continua y garantizada, esto impide realizar análisis de tendencias confiables y compleja, además la falta de datos históricos sumamente detallados limita la posibilidad de comprender el comportamiento real de los equipos esto es a lo largo del tiempo, dificultando la identificación de patrones y la implementación de estrategias de mejora continua.

8. La información que se obtuvo por la entrevista del técnico permitió confirmar que actualmente los datos operativos presentan grandes deficiencias, esto es debido a la dependencia de procesos manuales, la ausencia de automatización y baja calidad de servicios, algo que se debe tener claro es que la tecnología va en aumento por ende una entidad la cual brinda un servicio tan importante a una provincia no tenga las condiciones para generar un entorno operativo en el cual se haga un análisis de información que brinde resultados confiables y que no impacten de manera negativa la toma de decisiones.

9. La entrevista a la Planta Hidroeléctrica Paraiso fortalece que la implementación de usted un sistema historiador de datos va a traer beneficios significativos en cuanto a la gestión operativa, esto quiere decir que dicha planta tiene la disponibilidad de esa información en tiempo real e histórica, junto con herramientas de análisis avanzadas, Esto ha permitido detecciones de fallas, optimizar los procesos de mantenimiento y algo muy importante reducir los tiempos de respuesta ante eventos críticos, entonces cabe demostrar que un historiador no sólo es viable es altamente beneficioso para la planta.

10. Finalmente se puede decir que las entrevistas y encuestas brinda 1° de aceptación por parte del personal respecto a una implementación de un sistema historiador de datos, lo cual Presenta un factor clave para el éxito, ya que los mismos trabajadores

reconocen la importancia de contar con herramientas tecnológicas avanzadas que faciliten el análisis de la información y sobre todo se mejore la eficiencia operativa lo que demuestra una disposición favorable hacia el cambio y la innovación de la planta.

Recomendaciones

1- Se recomienda poner en práctica la implementación integral de un sistema SCADA con historiador de datos en la Planta Eléctrica cómo acción estratégica orientada a modernizar la gestión de información operativa y fortalecer los procesos de toma de decisiones. Esta implementación no debe ser concebida únicamente por mejorar la tecnología, Si no una transformación en lo que es gestión, análisis y utilización de datos dentro de la organización, esto es muy fundamental para poder desarrollar un plan estructurado que abarquen etapas tanto de diagnóstico, diseño e implementación asegurando la correcta integración del sistema con la infraestructura existente y disminuyendo riesgos operativos y así promoviendo una cultura basada en el uso de datos para la toma de decisiones.

2- Se recomienda fortalecer de manera progresiva lo que es la tecnología del sistema SCADA actual, adjuntándole soluciones que permitan un almacenamiento continuo, seguro y automatizado en grandes volúmenes, este fortalecimiento debe incluir, la adquisición de servicios adecuados, sistemas de respaldo y una herramienta de software especializada que garantice la integridad y disponibilidad de la información. También no olvidando evaluar la compatibilidad del sistema historiador con plataformas existentes, dando así una integración eficiente que no genere conflictos operativos porque lo que quiere es que las tecnologías estables permitan adaptar el sistema de futuras necesidades para un crecimiento y una modernización.

3- Algo muy importante recomendaré la eliminación progresiva de los métodos manuales de registro de datos lo cuales son la anotación es en papel y captura de pantallas, los cuales han demostrado ser ineficientes, dan errores, y están limitados en términos de trazabilidad y análisis. Se necesita incorporar sistemas automatizados de captura de datos que permitan registrar

información en tiempo real de manera precisa y continuo. Este cambio no solo va a mejorar la calidad y confiabilidad de datos, sino que el personal operativo su carga será mucho más baja Permitiéndoles enfocarse en actividades de análisis, supervisión y mejora de procesos y eso contribuirá a tener una información estándar y eliminar prácticas obsoletas.

4- Se recomienda que implementar un sistema de historiador de datos no solo sea por modernización si no también que cuente con herramientas avanzadas en el análisis de tendencias, visualización de variables y generación de reportes automatizados. Este sistema debe permitir que todas las variables críticas del proceso sean unidas facilitando un monitoreo en tiempo real y para un posible análisis histórico, además que el historiador incluya funcionalidades que permitan detectar algo ah normal, con relación de variables y la realización de análisis predictivos esto para una gestión más eficiente y proactiva para poder optimizar lo que es la planificación de mantenimiento, reducción de fallas y una mejora disponibilidad de equipos.

5- Se recomienda implementar y diseñar programa de capacitación continua, que vayan dirigidos a los departamentos técnico, administrativo y operativo para que ellos así puedan fortalecer sus competencias en el uso de herramientas de análisis de datos y en la interpretación generada por el sistema, estas capacitaciones deben enfocarse en lo que son las habilidades analíticas que permitan al personal comprender el comportamiento de las variables operativas, identificar tendencias y lo muy importante tomar decisiones basadas en la evidencia, además fomentar una cultura organizacional que esté orientada al uso estratégico del información, lo cual promueva innovación y mejora continua.

6- Una sugerencia es mejorar grandemente los mecanismos de acceso a la información histórica, que estos datos estén disponibles de forma rápida organizada y segura para que el personal autorizado. Por ende, se deben establecer una estructura clara de gestión de acceso, que permita proteger la información sensible sin limitar su disponibilidad para el análisis operativo. Así mismo implementar interfaces amigables que faciliten la consulta de

datos, la generación de reportes y la visualización de tendencias, mejorando la experiencia del usuario y promoviendo el uso del sistema.

7- Establecer políticas institucionales es una de las recomendaciones para poder tener una gestión de datos operativos las cuales deben tener aspectos fundamentales de la información, la integridad de los registros, la trazabilidad de datos y la seguridad de la información estas políticas deben ser formalizadas e informadas a todo el personal, siempre observando su cumplimiento mediante mecanismos de control y supervisión, algo no menos importante es implementar sistemas de respaldo y recuperación de datos que garanticen la continuidad operativa ante posibles fallas e incidentes.

8- Se propone una planificación técnica ante la incrementación del sistema historiador, que tenga factores críticos como la compatibilidad con los sistemas existentes, la gestión de licencias, la virtualización de equipos y la capacidad de almacenamiento requerido. Esta planificación debe incluir pruebas piloto llévalos con técnicas con el fin de identificar posibles riesgos y definir estrategias de mitigación esto para evitar problemas experimentados en implementaciones anteriores y que este proyecto sea de largo plazo exitoso.

9- Otra recomendación es analizar y adaptar prácticas de planta que cuenten con sistemas historiadores implementados cómo es el de la planta e hidroeléctrica, analizar este tipo de referencia permitirá ver las estrategias exitosas en cuanto a gestión de datos, optimizar el proceso de implementación y reducir la incertidumbre asociada al cambio tecnológico. Aunque muchos no lo vean así promover un intercambio de conocimientos y experiencias entre ambas plantas es un fortalecimiento de aprendizaje organizacional muy importante.

10- Finalmente establecer un sistema de seguimiento y evaluación continua en el desempeño del historiador de datos una vez entre su implementación, eso con el fin de garantizar su correcto funcionamiento y maximizar sus beneficios, este proceso debe incluir la medición de indicadores de desempeño, la identificación de oportunidades de mejora y la actualización constante del sistema en función de las necesidades de la planta, de esta manera se podrá

asegurar que la inversión realizada genera un valor a largo plazo, tenga la eficiencia operativa, la reducción de costos y la mejora en toma de decisiones.

CAPÍTULO VI. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO

Introducción

La presente propuesta viene a promover con respuesta a las necesidades identificadas en la Planta Eléctrica, Específicamente lo que se relaciona con limitaciones en la gestión, almacenamiento y análisis de los datos operativos generados por el sistema de control existente. A lo largo de la investigación, se observó que la ausencia de un almacenamiento histórico estructurado dificultar la trazabilidad de los procesos, pueden delimitar análisis de tendencias y reduce la capacidad de anticipar posibles fallas en los equipos.

En la actualidad, en el sector energético enfrenta un reto de optimizar procesos mediante el uso eficiente de la información, por ende, se exigen la implementación de tecnologías avanzadas que vienen a permitir los datos en el rendimiento estratégicas, qué tal cómo son los sistemas SCADA, estos complementados con historiadores de datos, brindan una solución clave para el enfoque en la industria 4.0 ya que permiten la supervisión, análisis y control continuo de los procesos industriales.

A partir de los hallazgos obtenidos en los capítulos anteriores, se observa que la implementación de un de un sistema SCADA un historiador de datos contribuirá grandemente a mejorar la eficiencia operativa de la planta, al facilitar el acceso de información tanto en tiempo real e histórico, optimizar procesos de mantenimiento e incluso reducir la dependencia del registro manual. Por otra parte, esta solución permitirá fortalecer la confiabilidad.

Este capítulo está debidamente estructurado por objetivos, acciones, recursos, costo, cronograma y responsables necesarios para la ejecución de una propuesta, evidenciando su coherencia con las necesidades detectadas en su potencial impacto en la mejora continua de la planta eléctrica.

Objetivos de la propuesta

Presentar una solución técnica estructurada para la gestión de un historiador de datos y SCADA de la planta eléctrica, para centralizar y analizar los datos operativos

Objetivo general

Proponer la implementación un sistema SCADA con historiador de datos en la planta eléctrica para optimizar la gestión, almacenamiento y análisis de los datos operativos.

Objetivos específicos

Agrupar la información operativa de la planta mediante un sistema de almacenamiento histórico que permita el registro continuo de datos.

Renovar la trazabilidad y el análisis de eventos operativos, facilitando la identificación de fallas y la evaluación del desempeño de los equipos.

Optimizar la toma de decisiones técnicas y operativas, mediante el acceso a información confiable, en tiempo real e histórica.

Análisis FODA de la propuesta de mejoramiento

El análisis FODA realizado permite identificar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que pueden influir en la implementación exitosa del sistema SCADA con historiador de datos en la Planta eléctrica. A partir de este análisis, se logra evaluar la viabilidad de la propuesta y anticipar posibles riesgos, con el fin de establecer estrategias que faciliten su correcta ejecución.

Tabla 5 FODA de la propuesta de mejoramiento

Fortalezas	**Oportunidades**
Disponibilidad de datos operativos en tiempo real.	Implementación de tecnologías de la industria 4.0.
Mejorar la trazabilidad de fallas y eventos.	Optimización de procesos de mantenimiento.

Uso de infraestructura tecnológica existente en la planta.	Fortalecimiento de decisiones basada en los datos tomados.
Automatización de la recolección de datos.	Mejorar la eficiencia en las operaciones de la planta.
Debilidades	**Amenazas**
Integración de los sistemas existentes compleja.	Resistencia al cambio por parte del personal.
Limitación del presupuesto institucional.	Dependencia de proveedores externos.
Alta inversión de inicio para implementar.	Riesgos asociados a ciberseguridad.
Necesidad de una capacitación técnica especializada.	Posibles fallas en la implementación inicial.

Fuente: Elaboración propia (2026)

Acciones concretas de la propuesta

En cuanto a las acciones concretas planteadas para lo que es la implementación del sistema SCADA con historiador de datos en la Planta eléctrica se describirán a continuación, analizando criterios técnicos, operativos y la factibilidad, esto con el fin de garantizar una solución integral alineada a las necesidades anteriormente detectadas.

1. Actualización de los controladores PLC y módulos de entradas/salidas (I/O): Se realizara un cambio de los controladores lógicos programables obsoletos por equipos modernos tipo M580, estos ofrecen mayor capacidad de procesamiento, redundancia y compatibilidad con tecnologías actuales. Por lo siguiente se considerara la actualización de los módulos tanto de entrada como de salida(I/O), permitiendo tener una mejor adquisición de señales desde campo, para así tener una mayor precisión en cuanto a la lectura de variables y así obteniendo una reducción probable en lo que es las fallas operativas. Esto permitirá

aumentar la confiabilidad del sistema de control y así facilitar su mantenimiento a largo plazo. Otro punto importante es que esta acción facilitará la integración tanto del sistema como el historiador de datos es realizar una captura más confiable en información operativa. Dando como resultado mejorar significativa en una confiabilidad del sistema de control, la continuidad operativa y la eficiencia en lo que es el mantenimiento.

2. Modernización de las interfaces hombre-máquina (HMI): Implementar interfaces de última generación, con un diseño para mejorar la interacción entre el operador y el sistema de control, mediante entornos gráficos más intuitivos, funcionales y dinámicos. Lo que sus interfaces permitirán visualizar en tiempo real variables críticas del proceso, estado de operación de los equipos, alarmas y tendencias. Estos serán desarrollados bajo criterios de diseños orientados en claridad de información, el uso de códigos visuales y facilidad de navegación entre las pantallas. También permitirá reducir la carga cognitiva del operador, mejora la interpretación de datos y facilitar una respuesta más rápida y precisa ante condiciones anormales. Además, estas modernizaciones contribuirán a disminuir la dependencia de registros manuales y mejorar la eficiencia operativa, al proporcionar información confiable y oportuna para la toma de decisiones.

3. Implementación de un sistema SCADA actualizado: Se instalará y se configurará este sistema actualizado que permitirá la supervisión, control y adquisición de datos en tiempo real de los procesos operativos de la planta además este sistema funcionará como una plataforma centralizada que integrará la información proveniente de los PLC, sensores, actuadores y otros dispositivos de campo. El sistema permitirá monitorear continuamente las variables críticas del proceso, observar alarmas en tiempos reales, generar reportes automáticos y así tener una visualización del estado general del sistema. Asimismo, facilitará la detención temprana de fallas, la identificación de desviaciones en los procesos y el control de las operaciones eficientes. Su implementación contribuirá en mejorar la eficiencia operativa, optimizar el uso de los recursos y también fortalecer el control de los procesos industriales alineándose con las prácticas de la industria 4.0.

4. Integración de un historiador de datos: Se incorporará un sistema de almacenamientos histórico lo cual permitirá registrar datos, almacenar y gestionar de forma continua las variables operativas del proceso. Este sistema almacenará grandes volúmenes

de información de forma estructurada, lo que facilitará su consulta y realizar un análisis posteriormente. El historiador de datos permitirá realizar análisis de tendencias, observar patrones de comportamiento, analizar el desempeño de los equipos y evaluar eventos pasados lo cual es muy importante para la toma de decisiones informadas. No obstante, facilitará la implementación de estrategias en cuanto a un mantenimiento predictivo, al permitir detectar comportamientos fuera de lo normal antes de que esto se conviertan en unas fallas críticas esta acción contribuirá a mejorar la confiabilidad del sistema, optimizar la gestión de los activos de la planta y reducir tiempos de inactividad de gran manera.

5. Actualización de la infraestructura tecnológica: algo que es destacable en el en el instituto costarricense de electricidad es qué está anuente a la renovación de la infraestructura tecnológica ya que es necesario para soportar el funcionamiento del sistema SCADA y el historiador de datos. Esto incluye la adquisición e instalación de servidores de alto rendimiento, estaciones de trabajo, Equipos de red, sistemas de almacenamiento, sistema de alimentación ininterrumpidas y otros componentes necesarios. La actualización de la infraestructura permitirá garantizar un entorno tecnológico seguro, estable y con capacidad suficiente de almacenar el volumen de datos generados por la planta, esto además reducirá los riesgos asociados a fallas por obsolescencia y mejorará la disponibilidad del sistema. Esto es de suma importancia para asegurar la continuidad operativa, la protección de la información y la escalabilidad del sistema a un futuro.

6. Configuración de máquinas virtuales para SCADA e Historiador: Se implementará una arquitectura basada en virtualización mediante la utilización de un servidor central con un alto rendimiento además se gestionarán máquinas virtuales destinadas a alojar el sistema SCADA y el historiador de datos esto permitirá separar funcionalmente ambos sistemas evitando interferencias entre procesos y facilitando su administración de forma independiente. La virtualización permitirá optimizar el aprovechamiento de recursos físicos del servidor, tales como de la capacidad de procesamiento, memoria RAM y el almacenamiento, asignándolos de una manera dinámica, según lo operativo de cada sistema para mejorar el rendimiento general y garantizar una operación más estable y eficiente. También esta solución facilitará la escala del sistema, permitiendo incorporar nuevas funcionalidades sin necesidad de realizar cambios significativos en lo que es la

infraestructura física. Esto resulta especialmente relevante en entornos industriales donde el volumen de datos tiende a incrementar con el tiempo, Además se implementarán políticas de respaldo y recuperación de información mediante copias de seguridad de las máquinas virtuales periódicamente lo que hará que se minimice la pérdida de datos antes posibles fallos, y realizar restauraciones rápidas del sistema reduciendo tiempos de inactividad y fortalecimiento la continuidad operativa de la planta, La virtualización contribuirá en mejorar la seguridad del sistema lo cual permitirá segmentaciones estación de entornos y aplicación de controles específicos para cada máquina virtual esto reduciendo riesgos asociados a fallos o accesos no autorizados.

7. Optimización de gráficas, alarmas y reportes: estas optimizaciones integrales de las interfaces gráficas vienen con un propósito de mejorar la visualización, interpretación y análisis de la información operativa ya que estas pantallas están diseñadas bajo criterios de claridad, organización y jerarquización de la información, dando al operador identificar de forma rápida el estado de los equipos, variables críticas y condiciones de operación. En otro sentido se incorporarán gráficas dinámicas, como tendencias indicadoras visuales y diagramas de proceso, los cuales facilitarán el monitoreo en tiempo real y la detención oportuna de desviaciones en el comportamiento del sistema. Esto permitirá una respuesta más ágil ante eventos que puedan afectar la operación de la planta en cuanto a gestión de alarmas lo cual establecerá una estructura organizada, basada en niveles de prioridad, clasificación de eventos y condiciones de activación definidas esto permite diferenciar entre alarmas críticas, Advertencias y eventos informativos esto con el fin de mejorar la reacción del personal operativo

8. Capacitación del personal operativo y técnico: se implementará y diseñará un programa de capacitación integral, el cual va dirigido al personal operativo y técnico de la planta, con el objetivo de dar el uso correcto, aprovechamiento y sostenibilidad del sistema SCADA, las interfaces HMI y el historiador de datos. Esta capacitación abarcará contenidos teóricos relacionados con el funcionamiento general de los sistemas de automatización, así como sesiones prácticas enfocadas en el uso de herramientas implementadas, por lo que permitirá al personal familiarizarse con el interfaz del sistema la interpretación de datos la gestión de alarmas y la generación de reportes. Otro es que se incluirán aspectos relacionados

con la operación segura del sistema, la identificación de fallas y la aplicación de procedimientos básicos de respuesta ante eventos críticos, por tanto, se reducirán los errores operativos, se mejorará la eficacia en ejecución de las tareas diarias. Otro es que se fomentará el desarrollo de habilidades analíticas en el personal lo que viene a promover el uso de información generada por el sistema como así un apoyo en la toma de decisiones de esta manera lo que se busca es fortalecer la cultura organizacional orientada al uso de datos y mejora continua de los procesos. La capacitación permitirá reducir la resistencia al cambio asociada a la implementación de nuevas tecnologías, así como la facilidad de adaptar al personal al nuevo sistema y garantizar su correcta utilización a largo plazo.

9. Ejecución de pruebas y puesta en marcha: también se llevará a cabo un proceso estructurado de pruebas con el fin de validar el correcto funcionamiento del sistema SCADA, el historiador de datos y todo lo que son los componentes asociados ante su implementación definida, estas pruebas vienen a permitir observar y analizar que la solución propuesta cumple con los requerimientos técnicos operativos establecidos. Viene dividido en varias etapas en la primera etapa se realizarán pruebas funcionales orientadas a validar la correcta comunicación entre diferentes dispositivos, como lo son PLC, servidores, estaciones de trabajo y sistemas de almacenamiento de datos. Se comprobará la integridad de la información transmitida, así como la correcta visualización de las variables en el sistema SCADA. Luego se ejecutarán pruebas de rendimiento las mismas evaluarán la estabilidad del sistema bajo diferentes condiciones de carga y operación con el objetivo de identificar posibles cuellos de botella o limitaciones en las infraestructuras. Otro punto y no menos importante verificar los tiempos de respuesta del sistema y el comportamiento ante eventos simultáneos. Además, validar el funcionamiento de las alarmas la generación de reportes y el almacenamiento de datos en el historiador, asegurando que toda información sea registrada de manera correcta y pueda ser consultada sin inconvenientes. Una vez terminadas las pruebas y realizado los ajustes necesarios, se proceden a poner en marcha el sistema en condiciones reales de operación en esta etapa se darán seguimientos al desempeño del sistema, verificar su estabilidad y asegurando que cumple con los objetivos planteados de la propuesta. Esto finalmente documentará los resultados obtenidos, así como las configuraciones implementadas, con el fin de dejar evidencia técnica en el proceso y facilitar futuras intervenciones mantenimientos o mejoras del sistema.

Recursos necesarios de la propuesta de mejoramiento

La implementación del sistema SCADA con historiador de datos en la planta eléctrica requiere una disponibilidad de una serie de recursos que garantice la correcta ejecución de cada uno de ellos en sus etapas desde el diseño hasta su operación final. Estos recursos son fundamentales para asegurar la viabilidad técnica, operativa y funcional de la propuesta lo cual van a permitir cumplir los objetivos planteados en términos de optimización de procesos mejora la toma de decisiones y se fortalece la información. Los recursos necesarios se clasificarán en recursos tecnológicos y humanos los cuales deben integrarse de manera coordinada para asegurar el éxito del proyecto.

Recursos humanos

El recurso humano en esta propuesta es uno de los pilares fundamentales para su ejecución ya que es el encargado de llevar a cabo el diseño, implementación, supervisión, operación y mantenimiento del sistema SCADA con historiador de datos. La complejidad técnica en el desarrollo del proyecto requiere la participación de un personal altamente capacitado con conocimientos específicos en automatización industrial, sistemas de control, tecnología de información y gestión de datos.

El ingeniero eléctrico será el responsable de supervisar la planificación técnica del sistema y la integración de los controles PLC la configuración de las interfaces HMI y la implementación del sistema SCADA, debe garantizar que todos los componentes del sistema funcionen de manera integrada y que cumpla con los requerimientos operativos de la planta.

Así mismo el personal de mantenimiento especializado de la región es el encargado de supervisar la configuración del servidor, la implementación de la virtualización, la administración de bases de datos y gestión de la seguridad informática en este perfil es clave para asegurar la disponibilidad integridad y confidencialidad de la información generada por el sistema.

Por otra parte, se necesitan técnicos de mantenimiento los cuales ellos brindarán el apoyo en la instalación física de los equipos, el cableado, la conexión de dispositivos, así como la ejecución de pruebas y puesta en marcha del sistema su conocimiento práctico es fundamental para garantizar una correcta implementación en el campo.

Los operadores de planta no pueden quedar por fuera ya que ellos son los usuarios finales de este sistema porque ellos son los que interactuarán directamente con las interfaces HMI y el sistema SCADA para el monitoreo y control del proceso su participación es clave ya que el éxito de la implementación dependerá en gran medida de su capacidad para utilizar adecuadamente las herramientas tecnológicas disponibles.

Por último y muy importante, es que estos trabajos se desarrollaran de la mano de un proveedor externo especializado el cual contará con un personal certificado en tecnologías SCADA, PLC y sistema de automatización este recurso aportará experiencia técnica, soporte durante la implementación y así como la capacidad al personal interno que lo permite garantizar en una correcta transferencia de conocimiento. Por último, es importante destacar que una adecua una coordinación entre todos los perfiles lo que permitirá es asegurar una correcta ejecución del proyecto y así minimizar riesgos en la implementación y garantizar la sostenibilidad del sistema en el largo plazo.

Recursos tecnológicos

Los recursos tecnológicos constituyen la base estructural en el cual se desarrolla la propuesta de mejoramiento, por lo que permite la captura, procesamiento, almacenamiento y visualización de la información generada en los procesos operativos de la planta. La selección adecuada de estos recursos es fundamental para garantizar la eficiencia confiabilidad y escalabilidad del sistema.

En primer lugar, se requiere una implementación de controladores lógicos programables (PLC) de última generación, específicamente modelos m 580, estos permitirán mejor capacidad de control en los procesos industriales, así como la integración con sistemas modernos de automatización ya que ellos ofrecen mayor velocidad de procesamiento, redundancia y compatibilidad con protocolos de comunicación actuales. Si dijiste lo mismo perdiste

así mismo involucrar interfaces hombre máquina (HMI) de última generación estas facilitarán la interacción entre el operador y el sistema, estas interfaces permitirán visualizar variables de proceso, estado de los equipos, alarma y tendencias mejorando la capacidad de supervisión del control.

Lo primordial de esta propuesta es el sistema SCADA el cual permitirá la supervisión en tiempo real de los procesos, la gestión de alarmas y visualización de información operativa este sistema estará complementado con un historiador de datos que permitirá almacenar grandes volúmenes de información de manera estructurada dando así un análisis fácil y consulta posterior.

También para soportar estos sistemas se tiene que obtener un servidor de alto rendimiento el cual alojará tanto al SCADA como al historiador mediante una implementación de máquinas virtuales, este servidor deberá contar con una capacidad suficiente de procesamiento, memoria y almacenamiento para garantizar un funcionamiento óptimo del sistema.

Adicionalmente se involucrarán estaciones de trabajo las cuales están destinadas a los operadores y el personal técnico, desde las cual se podrán monitorear y controlar el sistema. Estas estaciones estarán conectadas al servidor y permitirá el acceso a la información en tiempo real, además incluye sistemas de alimentación ininterrumpida UPS los cuales se garantizarán la continuidad del servicio ante posibles fallas eléctricas protegiendo los equipos y evitando la pérdida de información.

En cuanto a la interfaz de comunicación se requerirán equipos de red como son los tales tales como switches industriales, cableado estructurado y unidades de distribución de energía (PDU), que permitirán asegurar la transmisión eficiente y segura de los datos entre los diferentes componentes del sistema.

Y por último se considerará licencias de software y herramientas de soporte, como lo son sistemas operativos Windows server, licencias SCADA software de análisis y herramientas de generación de reportes, los cuales permitirá el funcionamiento integral del sistema y aprovechando la información generada

Recursos presupuestarios

Este recurso constituye un componente esencial dentro de la propuesta de mejoramiento porque viene a garantizar la factibilidad económica de la implementación del sistema SCADA con historiador de datos en la Planta eléctrica. Además, este recurso

contempla la inversión necesaria para la modernización necesaria los sistemas de control, monitoreo y almacenamiento de información operativa de acuerdo con técnicos identificados el diagnóstico realizado.

La propuesta se fundamenta en una cotización proporcionada por la empresa especializada en automatización industrial esto data todo lo que se necesita el suministro de equipo, la licencia de software, la implementación de servicios, capacidad y soporte técnico. Esta propuesta responde a la necesidad de actualizar sistema que actualmente representan la obsolescencia tecnológica, limitaciones de rendimiento y riesgos operativos fallados o fallas recurrentes.

En este contexto, el recurso presupuestario se estructura en varios componentes clave:

Concepto	**Descripción**	**% estimado**	**Costo estimado (USD)**
Actualización PLC, I/O y HMI	Equipos de control y automatización	40%	$137,805.68
Sistema SCADA e Historiador	Licencias, configuración y software	25%	$86,128.55
Infraestructura tecnológica	Servidores, UPS, estaciones de trabajo	15%	$51,677.13
Mano de obra especializada	Instalación, migración y pruebas	10%	$34,451.42
Capacitación del personal	Entrenamiento técnico	5%	$17,225.71
Soporte y mantenimiento inicial	Acompañamiento técnico	5%	$17,225.71
Total		**100%**	**$344,514.19**

Este monto incluye desde la actualización de los sistemas de control de las unidades generadoras hasta la infraestructura tecnológica necesaria para su operación, es importante destacar que aunque la inversión inicial es considerable esta se justifica con los beneficios que aporta la propuesta entre los cuales destaca la mejora de la eficiencia operativa, la reducción de fallas y tiempos de inactividad, la optimización de los procesos de mantenimiento y el fortalecimiento de la toma de decisiones basadas en datos confiables.

Finalmente, la adecuada gestión del recurso presupuestario permitirá asegurar el cumplimiento de los objetivos de la propuesta garantizando que la inversión realizada genere valor agregado a la organización y contribuye a la mejora continua en los procesos de la Planta eléctrica.

Evaluación financiera de la propuesta

Determinan la viabilidad económica de la propuesta es el fin que se presenta a continuación ya que se está basada en indicadores como valor presente neto, tasa interna de retorno, relación beneficio/costo y el periodo de recuperación.

Pero este análisis se considera en 2 escenarios uno con riesgo y el otro sin riesgo en el escenario base se establece una inversión inicial de 350000 USD un ahorro anual de 121800 USD y una vida útil de 5 años con una tasa de descuento del 10%.

Para el otro lado el escenario con riesgo la inversión se ajusta a 385000 USD al aumentar en un 10% el precio, reduciendo el ahorro a $97440 y se considera una tasa de interés de hasta 20% manteniendo una misma evaluación de 5 años de vida útil.

Valor Presente Neto (VPN)

$$VPN = \sum_{t=1}^{n} \frac{F_t}{(1+i)^t} - I_0$$

Tabla 6 Valor presente neto

	flujos de caja intereses al 10 y 20%						
inversión inicial	periodo 1	periodo 2	periodo 3	periodo 4	periodo 5		
350000	121800	121800	121800	121800	121800		VPN 10% y 20% int.
	$ 110 727,27	$ 100 661,16	$ 91 510,14	$ 83 191,04	$ 75 628,22	$ 461 717,83	$ 111 717,83
	$ 101 500,00	$ 84 583,33	$ 70 486,11	$ 58 738,43	$ 48 948,69	$ 364 256,56	$ 14 256,56

+ 10% $$$	flujos de caja considerando un aumento del precio en un 10%						
inversión inicial	periodo 1	periodo 2	periodo 3	periodo 4	periodo 5		VPN a $ 385000
$ 385 000,00	$ 110 727,27	$ 100 661,16	$ 91 510,14	$ 83 191,04	$ 75 628,22	$ 461 717,83	$ 76 717,83

Ahorro (-)	flujos de caja considerando un ahorro de solo 16 horas						
inversión inicial	periodo 1	periodo 2	periodo 3	periodo 4	periodo 5		VPN menor ganancia
$ 350 000,00	$ 88 581,82	$ 80 528,93	$ 73 208,11	$ 66 552,83	$ 60 502,57	$ 369 374,26	$ 19 374,26

Estos datos presentados en la tabla anterior se realiza con el cálculo del valor presente neto con el fin de determinar la viabilidad financiera del proyecto de diferentes escenarios el primer escenario a presentar es considerando una inversión de 350000 USD con flujos de caja anuales de 121800 USD durante un periodo de 5 años el cual se obtiene un valor presente neto de 111717.83 USD al aplicar una tasa de descuento del 10% este resultado indica que el proyecto genera excedente económico evidenciando su rentabilidad al mismo.

Se evalúa el mismo escenario con una tasa de descuento del 20% el valor presente neto obtenido es de 14256.56 USD aunque este valor es menor continúa siendo positivo lo que demuestra que el proyecto mantiene su viabilidad incluso bajo condiciones existentes otra parte a considerar es un escenario con un incremento de la inversión inicial de un 10% el cual el monto alcanzó 385000 USD el valor precio neto se reduce a 76717.83 USD no obstante este resultado sigue siendo favorable ya que los beneficios actualizados superan la inversión realizada.

Por último, en un escenario con disminución de los ingresos, siendo el valor presente neto calculado de 19374.26 USD este valor, aunque es inferior a los anteriores se mantiene positivo lo que indica que el proyecto continúa generando un valor incluso en condiciones adversas. En términos generales los resultados obtenidos evidencian que el proyecto financieramente es viable en todos los escenarios analizado, aunque su rentabilidad se vea afectada por costos e ingreso

Relación Beneficio/Costo (B/C)

Tabla 7 beneficio/ costo

Relación Beneficio/Costo (B/C) VP/Ii	
B/C 10%=	1,32
B/C 20%	1,04
B/C a 385.000	1,20
B/C a 16 h	1,06

Al realizar los cálculos de la relación Costo Beneficio se observa que en todos los escenarios presentes el porcentaje siempre es mayor que uno (1), en pocas palabras por cada dólar invertido se estaría generando una ganancia de $0.32 para el primer escenario donde la inversión es de $350,000 y la tasa de iteres es del 10%, siendo este el mejor escenario proyectado y en caso que la tasa de interés fuese al 20% seria nuestro peor pronóstico, pero, siempre estaría siendo económicamente viable pero con rentabilidad limitada o ajustada.

Tasa Interna de Retorno (TIR)

Tabla 8 Tasa interna de retorno

TIR	
121800	22%
TIR 97440	12%

TASA INTERNA DE RETORNO					
Inversión Inicial	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5
-350000	121800	121800	121800	121800	121800
-350000	97440	97440	97440	97440	97440

La tasa interna de retorno es el indicador financiero que permite medir la rentabilidad del proyecto de inversión representando un descuento del cual el valor presente neto que sea igual a cero. En el presente análisis realizaremos los cálculos con la función TIR que nos brinda el programa Excel, utilizando los cálculos con ambas ganancias proyectadas, teniendo como resultado con un flujo de 121800 USD nos generó una TIR del 22% y con un flujo de 97440 USD produciría una TIR de 12% a partir de esos valores se puede obtener que hay una TIR favorable

El resultado de 22% indica que el proyecto financieramente estaría produciendo un 12 % más de lo que estaríamos pagando de interés, y en el peor escenario reduciendo las

ganancias, la TIR nos arroja como resultado solo un 2%, si bien es muy poco, sigue siendo un dato bueno para la toma de decisión ya que uno de los principales criterios de aceptación es que debe ser mayor que dicha tasa mínima. Por los siguientes este proyecto no solo abarca con ese criterio sino supera ampliamente lo que muestra que es financieramente viable y rentable la inversión de un sistema SCADA con historiador de datos para lo que permite optimizar datos recursos como mejorar la eficiencia operativa y generar beneficios económicos sostenibles a largo plazo

Período de Recuperación (PR)

Cuando se habla del periodo de recuperación (PR) es un indicador financiero que permite determinar en cuanto tiempo se necesita para recuperar la inversión inicial del proyecto, a partir de los flujos de beneficios generados. Este indicador es muy importante para poder analizar el nivel de riesgo ya que mientras menos sea el tiempo menor la exposición de la inversión.

Para este análisis se tiene una inversión ajustada de $385000 y un flujo de beneficios anual de $121800.

Cálculo del período de recuperación simple:

Tabla 9 período de recuperación simple

Cálculo del período de recuperación simple:	
Inversión inicial:	$ 385 000,00
Flujo anual:	$ 121 800,00
	3,16091954

Por lo que el resultado señala que, sin considerar el valor del dinero en el tiempo, la inversión se recupera aproximadamente en 3 años y 2 meses.

Cálculo del período de recuperación con descuento:

Tabla 10 período de recuperación con descuento

Cálculo del período de recuperación con descuento:			
Año	Ganancia anual	Valor presente 10 %	Saldo a recuperar
0	0	0	$ 350,000.00
1	121800	$ 110,727.27	$ 239,272.73
2	121800	$ 100,661.16	$ 138,611.57
3	121800	$ 91,510.14	$ 47,101.43
4	121800	$ 83,191.04	-$ 36,089.61
5	121800	$ 75,628.22	

Cálculo del período de recuperación con descuento:			
Año	Ganancia anual	Valor present	Saldo a recupera
0	0	0	$ 350,000.00
1	97440	$88,581.82	$ 261,418.18
2	97440	$80,528.93	$ 180,889.26
3	97440	$73,208.11	$ 107,681.14
4	97440	$66,552.83	$ 41,128.31
5	97440	$60,502.57	-$ 19,374.26

Al realizar la proyección y determinar en que periodo logramos recuperar la inversión, se determina que, si logramos mantener el ahorro de 20 horas proyectadas, la inversión se estriara recuperando en 3 años y 6 meses. Si solo se logran ahorrar 16 horas se estima que el proyecto quedaría saldado en 4 años y 7 meses, obteniendo una ganancia de 5 mese

Se logra recuperar la inversión en lo que es la vida útil estimada la cual son 5 años, esto es un aspecto super favorable para la implementación. Este periodo de recuperación con descuento es mayor que el simple obviamente.

Con los resultados obtenidos, se concluye que la propuesta es financieramente viable y esto genera beneficios económicos, los cuales se recupera la inversión de un plazo razonable y mantiene la rentabilidad en situaciones complejas.

En estos cálculos no se ve reflejado el impacto en los indicadores, el aumento de la confiabilidad y la disponibilidad de los equipos, el cambio en la estrategia de mantenimiento, el ahorro en el pago de horas extra al personal técnico disponible que rehabilita la unidad cuando entra en falla en horas no hábiles y muchos otros factores.

Cronograma de la propuesta de mejoramiento

en una propuesta el cronograma establece la planificación temporal de las actividades necesarias en cuanto a la implementación en este caso sería del SCADA con historiador de datos en la planta eléctrica. Se conoce que se necesita con urgencia por eso tiene un origen una orientación de 2 años permitiendo una ejecución ordenada controlada y acorde a la complejidad técnica del proyecto, minimizando riesgos operativos y garantizando la continuidad de las operaciones de la planta, estas actividades se distribuyen en fases los cuales inician con la planificación y adquisición de recursos, seguidamente la

implementación tecnológica, pruebas, capacitación y finalmente el seguimiento y optimización del sistema.

Tabla 11 Tabla de cronograma

Actividad	**Periodo**	**Duración**
Planificación del proyecto	Mes 1 - 2	2 meses
Gestión de compras y adquisición de equipos	Mes 3 - 17	15 meses
Ejecución del proyecto Actualización de PLC e I/O Modernización de HMI Instalación de infraestructura tecnológica Implementación del sistema SCADA Integración del historiador de datos Configuración de máquinas virtuales Pruebas y puesta en marcha	Mes 18 - 22	5 meses
Capacitación del personal	Mes 21	1 mes
Evaluación del sistema implementado Ajustes y mejoras finales	Mes 22 -24	3 meses

Fuente: Elaboración propia (2026)

El cronograma presentado muestra una ejecución progresiva del proyecto dando inicio con actividad de planificación adquisición en los primeros meses lo cual permite asegurar la disponibilidad de los elementos necesarios en la fase de implementación como se puede observar en el primer año se encuentra en la mayor parte de actividades técnicas tales como actualización del sistema de control la instalación de la infraestructura tecnológica y la implementación del sistema SCADA con historiador de datos.

Ya en su segundo año se enfocan a optimización de sistemas, capacitación del personal, ejecución de prueba, puesta en marcha llevo evaluación de resultados permitiendo realizar ajustes necesarios para garantizar el correcto funcionamiento del sistema este enfoque permite que por cada fase se reduzcan riesgos el personal se pueda adaptar fácilmente y así asegurar una implementación eficiente y sostenible del tiempo

Referencia

Acosta, F. S. (2019). *Diseño de un sistema SCADA para la automatización de la planta de tratamiento de aguas de la empresa Cargill en San Rafael de Alajuela*. https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10959/Dise%C3%B1o%20de%20un%20sistema%20SCADA%20para%20la%20automatizaci%C3%B3n%20de%20la%20planta%20de%20tratamiento%20de%20aguas%20de%20la%20empresa%20Cargill%20en%20San%20Rafael%20de%20Alajuela.pdf

Alecrim, M. (2024). *Control de procesos industriales: ¿qué es y cómo hacerlo?* https://www.sydle.com/es/blog/control-de-procesos-industriales-66461620ecd02b4ed13563dd

Autex-Open. (2022). *¿Qué es un sistema SCADA? Información completa*. https://www.autex-open.com/automatizacion-industrial/que-es-un-sistema-scada-informacion-completa/

Dazeem, C. S., & Dev, P. (2026). *Artificial intelligence for predictive maintenance and fault diagnosis of wind turbine systems using SCADA data: A comprehensive review*. https://www.researchgate.net/publication/399951466

Brunete, A., & Herrero, P. S. (2025). *Introducción a la automatización industrial*. https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/intro_automatica.pdf

Camp, R. C. (1989). *Benchmarking*. Productivity Press.

Castaño, F. J. (2025). *Gestión de procesos en los sistemas operativos*. https://openaccess.uoc.edu/server/api/core/bitstreams/1240ac4c-9e2c-4476-8411-cb47fe47f87d/content

Cegelski, C. D., Katogui, S. E., Stoisa, H. A., & Núñez, L. J. (2019). *La automatización como el motor del desarrollo*.

https://editorial.unam.edu.ar/images/documentos_digitales/I_01_Sistemas_de_Control_web.pdf

Cervera, R. C. (2014). *Métodos y técnicas de investigación internacional*. Universidad Complutense de Madrid.

Chamorro, G. P., & Toro, H. (2026). *Protocolos de comunicación industrial*. https://repositorio.ecci.edu.co/server/api/core/bitstreams/fbe9c26c-fab9-456d-ba88-b8cb303a0f3a/content

Cifuentes, M. S., & Martínez, S. L. (2018). *La calidad del dato en los sistemas de información de convivencia y seguridad ciudadana*. https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/0ff8291a-8302-4ca1-88df-0bf97bc2f434/content

Cortés, Y., Cárdenas, B., Landeta, I., Manuel, J., & Chacón, B. (2017). *El entorno de la industria 4.0: implicaciones y perspectivas futuras*. https://www.redalyc.org/journal/944/94454631006/94454631006.pdf

Dataparc. (2026). *Historiador de datos: sigue siendo la opción correcta para sus datos de fabricación*. https://www.dataparc.com/es/blog/historiador-de-datos-sigue-siendo-la-opcion-correcta-para-sus-datos-de-fabricacion/

Downie, A. (2023). *¿Qué es la optimización de procesos?* https://www.ibm.com/es-es/think/topics/process-optimization

Drucker, P. (1954). *What gets measured gets managed*. https://www.timemanagerweb.com/empresarial-es/que-no-se-mide-no-se-mejora-como-firmas-pueden-mejorar-rendimiento-traves-medicion/

EMAC. (2024). *Sistemas de control automático*. https://emacstores.com/sistemas-de-control-automatico/

Empowered Automation. (2023). *What is the difference between SCADA and historian?* https://www.empoweredautomation.com/what-is-the-difference-between-scada-and-historian

Fallas, Á. S., & González, R. S. (2020). *Creación del sistema SCADA considerando la interfaz hombre-máquina y la reprogramación de controladores en procesos de manufactura*. https://hdl.handle.net/20.500.13077/455

Fan, Y., Song, T., Feng, C., Song, K., Liu, C., & Jiang, D. (2024). *Fine-tuning pre-trained large time series models for prediction of wind turbine SCADA data*. https://arxiv.org/abs/2412.00403v1

Giani, C. (2025). *Marco metodológico*. https://concepto.de/marco-metodologico/

González, O. H. (2020). Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21252021000300002

Grigoras, G., Gârbea, R., & Neagu, B.-C. (2024). *Toward smart SCADA systems in hydropower plants through integrating data mining-based knowledge discovery modules*. https://doi.org/10.3390/app14188228

Grupo ICE. (2023). *Estrategia corporativa*. https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/330d7ca1-8659-43a7-9752-eaba3ed0c79c/Estrategia+Corporativa

Instituto Costarricense de Electricidad. (2026). *Organigrama del ICE*. https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/e1a0187f-7cf6-47a6-87a7-d36332d3fb38/Organigrama.pdf

Jain, N. (2023). *What is trend analysis?* https://ideascale.com/blog/what-is-trend-analysis/

Maya, E. (2014). *Métodos y técnicas de investigación*. Universidad Nacional Autónoma de México.

Molina, E. A. (2023). *Manual de tipología y requerimientos técnicos para la construcción de infraestructura*. https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/15046

Neurylan. (2025). *Instrumentación industrial: todo lo que debes saber para optimizar tus procesos productivos*. https://neurylan.com/instrumentacion-industrial-todo-lo-que-debes-saber-para-optimizar-tus-procesos-productivos/

Nexisense. (2026). *Diferencias entre sensores y transmisores: un análisis sistemático*. https://www.nexisense.com/Noticias-de-la-industria/398.html

Obregón, B., Arias-Blanco, O., Zúñiga-Granados, R., & Richmond-Navarro, G. (2024). *Inteligencia artificial aplicada a la operación y mantenimiento de aerogeneradores*. https://doi.org/10.18845/tm.v37i4.6922

Olarte, W., Botero, M., Benhur, A., & C. (2010). *Técnicas de mantenimiento predictivo utilizadas en la industria*. https://www.redalyc.org/pdf/849/84917249041.pdf

Patel, P. M. (2025). *Implementación de SCADA en central térmica*.

Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill.

Silva, C. S., & Riubano, J. S. (2022). *Automatización de planta de tratamiento*. https://es.scribd.com/document/718322832

Suárez, E. (2024). *Guía práctica sobre los distintos tipos de fuentes de información*. https://expertouniversitario.es/blog/fuentes-de-informacion/

SYDLE. (2023). *KPIs: ¿qué son, cuál es su importancia y cómo utilizarlos?* https://www.sydle.com/es/blog/kpi-615de90225ce5d3ef29a5570

ANEXOS

Anexos 1 . Encuesta aplicada al personal técnico de una planta eléctrica

Universidad SAN MARCOS
Programa de

Instrumento #1

Fecha: ____ / ____ / ____
Hora: _____

Título del proyecto:
Implementación de un sistema SCADA con historiador de datos para mejorar la gestión de datos operativos y la toma de decisiones en la Planta Eléctrica.

Objetivo del instrumento:
Identificar el nivel de conocimiento y percepción del personal técnico y operativo de la Planta eléctrica respecto al uso del sistema SCADA, la gestión de datos operativos y la posible implementación de un historiador de datos.

La información suministrada es confidencial y será utilizada únicamente para fines académicos y de investigación.

Instrucciones

A continuación, encontrará una serie de preguntas destinadas a conocer su opinión sobre el uso del sistema SCADA y la gestión de datos operativos dentro de la planta.

El cuestionario cuenta con distintas secciones. Por favor lea cuidadosamente las instrucciones al inicio de cada sección y conteste la alternativa que más se acerca a lo que usted piensa.

Sus respuestas son confidenciales y serán analizadas junto con las respuestas de otras personas que participan en este estudio.

Muchas gracias por su colaboración.

Datos personales

Puesto desempeñado: _____

Departamento: _____

Lugar: Planta Eléctrica

Sección 1: Conocimiento del sistema SCADA

Evalúe su nivel de conocimiento en una escala de **1 a 5**, donde:

1 = Muy poco
2 = Poco
3 = Regular
4 = Bueno
5 = Muy bueno

Encierre en un círculo la alternativa que más se parece a lo que usted piensa.

Pregunta	**Muy poco**	**Poco**	**Regular**	**Bueno**	**Muy bueno**
¿Conoce el funcionamiento general del sistema SCADA utilizado en la planta?	1	2	3	4	5
¿Tiene conocimiento sobre cómo se registran actualmente los datos operativos del sistema?	1	2	3	4	5
¿Conoce cómo se consultan los datos históricos del proceso cuando se requiere analizar una falla o evento?	1	2	3	4	5

Sección 2: Gestión de datos operativos

Evalúe su nivel de conocimiento en una escala de **1 a 5**, donde:

1 = Muy poco
2 = Poco
3 = Regular
4 = Bueno
5 = Muy bueno

Pregunta	Muy poco	Poco	Regular	Bueno	Muy bueno
¿Considera que el sistema actual permite acceder fácilmente a datos históricos de operación?	1	2	3	4	5
¿Cree que el almacenamiento actual de datos es suficiente para realizar análisis de tendencias del proceso?	1	2	3	4	5
¿Considera que la gestión actual de datos operativos facilita la toma de decisiones en la planta?	1	2	3	4	5
¿El sistema actual permite identificar fallas operativas a partir del análisis de datos históricos?	1	2	3	4	5
¿Considera necesario mejorar el almacenamiento y análisis de los datos operativos del sistema?	1	2	3	4	5

Sección 3: Implementación de un sistema historiador de datos

A continuación, encontrará una lista de afirmaciones. Indique su grado de acuerdo con cada una de ellas.

Opinión	Muy de acuerdo	De acuerdo	Ni acuerdo ni desacuerdo	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
La implementación de un sistema historiador de datos facilitaría el análisis de la información operativa.	1	2	3	4	5
Un sistema historiador permitiría mejorar la toma de decisiones operativas en la planta.	1	2	3	4	5
El almacenamiento histórico de datos	1	2	3	4	5

ayudaría a identificar tendencias y posibles fallas en los equipos.					
La disponibilidad de datos históricos facilitaría la planificación de mantenimiento.	1	2	3	4	5
La implementación de un historiador de datos mejoraría la gestión de información dentro del sistema SCADA.	1	2	3	4	5

Anexos 2 Instrumento de recolección de información: Entrevista técnica

Universidad SAN MARCOS

Programa de

Instrumento #2

Fecha: __24_ / _03_ / _2026_

Hora: __14:00 a 15:10_____

Título del proyecto:

Implementación de un sistema SCADA con historiador de datos para mejorar la gestión de datos operativos y la toma de decisiones en la Planta eléctrica.

Objetivo del instrumento

Recopilar información técnica por parte del personal encargado de la operación, supervisión y gestión del sistema de control en la Planta eléctrica, con el fin de identificar las necesidades, limitaciones y requerimientos relacionados con la gestión de datos operativos y

la posible implementación de un sistema historiador de datos para el SCADA actual de la planta.

Instrucciones

El presente instrumento tiene como finalidad recopilar información mediante una entrevista dirigida al personal operativo relacionado con la operación y supervisión del sistema SCADA en la Planta eléctrica.

Se agradece de antemano la información veraz que nos proporcionará. Sus respuestas serán tratadas con confidencialidad y utilizadas exclusivamente para fines académicos y de investigación.

Datos importantes del instrumento

Tipo de instrumento: Entrevista semiestructurada

Muestra: Entrevista dirigida a ingenieros, supervisores y personal técnico encargado de la operación y monitoreo del sistema SCADA en una Planta eléctrica.

Departamento: Operación / Automatización / Control de procesos

Organización: Planta Eléctrica

Primera parte: Preguntas

Pregunta	**Respuesta**
¿Qué sistema se utiliza actualmente para el monitoreo y control de los procesos en la Planta eléctrica?	Utilizamos un sistema compuesto por varios componentes, el touch panel utiliza un programa llamado Intouch, los PLC son de Allan Bradlley, plataformas Wonderware system por mencionar los más destacados, pero el sistema trabaja como un todo anteriormente conocido como SpeedTronic

¿Cómo se almacenan actualmente los datos operativos generados por el sistema de control de la planta?	prácticamente no hay. Los datos los toman los operadores cada hora en una hoja, esto dificulta su análisis, otra forma es haciendo capturas de pantalla, sin embargo, esta forma de almacenar datos no es fiable para estos tiempos
¿Existen limitaciones en el acceso o disponibilidad de datos históricos para el análisis de operación y mantenimiento?	Los datos están, solo es de: buscar los datos, ingresar los datos 1 en 1 en una hoja de Excel, graficarlos uno por uno y visualizarlos, pero, solo se puede graficar lo que está escrito… y lo que sucedió en esa hora, es una sorpresa
¿Qué tipo de variables o parámetros operativos considera que deberían almacenarse en un sistema historiador de datos?	Actualmente en el SCADA modernizado están todas las variables que se consideraron importantes en su momento, se digitalizaron las que los Ingenieros de cada área solicitaron. Incluiría un transductor para visualizar el divisor de flujo.
¿Cómo se realiza actualmente el análisis de tendencias o comportamiento de las variables del proceso?	Durante la operación de las unidades los operadores deben reportar cualquier dato que salga de los parámetros operativos, esto queda a la experticia de cada operador y que este corrobore con los manuales del fabricante. Con algunos de los datos tomados se genera un reporte mensual llamado Control estadístico de Proceso que sirve de ayuda, sin embargo, es muy poco la información que aporta y en caso de requerir una variable especifica se debe realizar el estudio a pie

¿Qué dificultades se presentan al momento de analizar información histórica para la toma de decisiones operativas?	La letra es la primera dificultad, ausencia de datos, datos incorrectos, tiempo que se requiere para realizar el proceso.
¿Considera que la implementación de un sistema historiador de datos mejoraría la gestión de la información operativa de la planta? ¿Por qué?	Podremos realizar estudios del comportamiento de los equipos durante toda la operación y no hora a hora, podríamos corregir fallas de forma más acertada y rápida, determinaríamos la salud de la unidad, toma de decisiones para los mantenimientos más acertadas, realizar análisis causa-raíz con criterios, etc
¿Qué beneficios considera que aportaría un sistema SCADA con historiador de datos para la operación y mantenimiento de la planta?	En el área operativa: reducción del desperdicio de hojas, datos reales en tiempo real, disponer del recurso humano en otras tareas Mantenimiento visualizar comportamientos en tiempo real y pasado, para casi determinar el comportamiento futuro

Anexos 3 Instrumento de recolección de información: Entrevista técnica

Universidad SAN MARCOS

Programa de

Instrumento #3

Fecha: _24_ / _03__ / _2026__

Hora: __16:00 a 16:50_____

Título del proyecto:

Implementación de un sistema SCADA con historiador de datos para mejorar la gestión de datos operativos y la toma de decisiones en la Planta eléctrica.

Objetivo del instrumento

Recopilar información técnica por parte del personal encargado de la operación, supervisión y gestión del sistema de control de la Planta Hidroeléctrica en Paraiso, con el fin de identificar las necesidades, limitaciones y requerimientos relacionados con la gestión de datos operativos y la posible implementación de un sistema historiador de datos para el SCADA de la planta eléctrica.

Instrucciones

El presente instrumento tiene como finalidad recopilar información mediante una entrevista dirigida al personal operativo relacionado con la operación y supervisión del sistema SCADA de la Planta Hidroeléctrica Paraiso.

Se agradece de antemano la información veraz que nos proporcionará. Sus respuestas serán tratadas con confidencialidad y utilizadas exclusivamente para fines académicos y de investigación.

Datos importantes del instrumento

Tipo de instrumento: Entrevista semiestructurada

Muestra: Entrevista dirigida a ingeniero, supervisor o personal técnico encargado de la operación y monitoreo del sistema SCADA en la Planta Paraiso.

Departamento: Operación / Automatización / Control de procesos

Organización: Planta Hidroeléctrica Paraiso.

Primera parte: Preguntas

Pregunta	Respuesta
¿Qué sistema se utiliza actualmente para el monitoreo y control de los procesos en la Planta Hidroeléctrica Paraiso?	SCADA 250 Siemmens, para visualización de datos del historiador utilizamos el programa TREND
¿Cómo se almacenan actualmente los datos operativos generados por el sistema de control de la planta?	Se almacenan en los servidores de forma virtual, con respaldos o redundancias para evitar que la información se pierda
¿Existen limitaciones en el acceso o disponibilidad de datos históricos para el análisis de operación y mantenimiento?	Si, se restringe el acceso a la información como toda planta de generación eléctrica máxime que es un punto donde se puede generar un daño informático a la planta. Los datos que se requieran se le solicitan al operador de la planta (tiene acceso 24/7) o al ingeniero o supervisor del área eléctrica/informática
¿Qué tipo de variables operativos imprescindibles considera que deberían almacenarse en un sistema historiador de datos?	Debido a que somos una planta modernizada en su totalidad en el 2015, tenemos prácticamente todo en el historiador: están las medulares: Corrientes y voltajes de excitación, en el generador, Potencia, Vibraciones, temperaturas, presiones, caudales. Muchas de ellas no aportan tanta importancia como otras, pero todas están
¿Cómo se realiza actualmente el análisis de tendencias o comportamiento de las variables del proceso?	Todos los meses se descarga las variables del control estadístico de proceso el cual debe realizar y analizar el operador en primera instancia, si algo sale de control se debe generar una apertura de aviso para su

	revisión, posteriormente se remite a los ingenieros para su valoración. De forma diaria los operadores deben revisar las gráficas que muestra el comportamiento de los equipos y reportar cualesquier anomalías. También se realizan rutas de inspección para corroborar la integridad de los equipos o lecturas. Se valoran datos en el tiempo para correlacionar y tomar decisiones cuando suceden fallas, estas decisiones se valoran en conjunto con todas las áreas de mantenimiento
¿Qué dificultades se presentan al momento de analizar información histórica para la toma de decisiones operativas o de mantenimiento?	Afortunadamente ninguna, la información siempre esta, solo es de consultarla
¿Considera que la implementación de un sistema historiador de datos mejoró la gestión de la información operativa de la planta? ¿Por qué?	Mejoró mucho, esta herramienta ayuda en la gestión de mantenimientos preventivos, y también al realizar mantenimientos correctivos de forma focalizada. Los datos ya no se almacenan los datos en papel eso nos facilita la búsqueda de datos, fallas, comportamientos, etc.
¿En cuánto tiempo mejoró la búsqueda de la información de fallas del sistema anteriormente utilizado a este modernizado?	Al visualizar todos los datos de forma simultánea justo en el momento de la falla, se puede analizar cual componente actuó primero y con esto reducimos tiempos de atención de

	fallas, estimaciones propias mejoró la búsqueda de fallas entre 40 a 50%.

Anexos 4 Instrumento de recolección de información: Los 5 Porque

Universidad SAN MARCOS

Programa de

Instrumento #4

Fecha: _24___ / _03___ / _2026__

Hora: __15:10_____

Título del proyecto:

Implementación de un sistema SCADA con historiador de datos para mejorar la gestión de datos operativos y la toma de decisiones en la Planta eléctrica.

Objetivo del instrumento

Recopilar información técnica por parte del personal encargado de la operación, supervisión y gestión del sistema de control en la Planta eléctrica, con el fin de identificar las necesidades, limitaciones y requerimientos relacionados con la gestión de datos operativos y la posible implementación de un sistema SCADA con historiador de datos.

Instrucciones

El presente instrumento tiene como finalidad recopilar información mediante una entrevista dirigida al personal operativo relacionado con la operación y supervisión del sistema SCADA en la Planta Eléctrica.

Se agradece de antemano la información veraz que nos proporcionará. Sus respuestas serán tratadas con confidencialidad y utilizadas exclusivamente para fines académicos y de investigación.

Datos importantes del instrumento

Tipo de instrumento: Análisis de Causa Raiz

Muestra: Entrevista dirigida al ingeniero eléctrico encargado del mantenimiento eléctrico e informático SCADA de la planta eléctrica.

Departamento: Eléctrico / Automatización / Control de procesos

Organización: Planta eléctrica

Los 5 por qué

Pregunta	**Respuesta**
¿Por qué es necesario un historiador de datos para la planta?	Nos ayudará a identificar patrones, comportamientos en las unidades de generación, ayuda en la detección de fallas y para conocer como estuvo X equipo en cualquier momento necesario
¿Por qué es un problema analizar las tendencias?	Con el método actual solo se permite ver una parte del comportamiento, justo en ese momento, pero no una trazabilidad adecuada, además, el sistema actual aparte de ser deficiente, quita tiempo, no es confiable
¿Por qué la planta no posee un historiador de datos?	La planta tuvo 2 historiadores, sin embargo, al virtualizar los equipos, entraban en conflicto generando fallas, por lo que se tomó la decisión de no seguir pagando la licencia
¿Por qué no seguir utilizando el método actual?	No es viable si se desea hacer las cosas con excelencia, ese sistema, está obsoleto

¿Por qué la tenencia del historiador es una solución definitiva?	Es a donde apunta el horizonte, es a donde queremos llegar, dejar de tomar decisiones meramente por instinto, sin una base sólida, sin evidencia y nos ayuda a bajar costos por indisponibilidades

Muchas gracias por su colaboración.