

METODOLOGÍA PARA ESTABLECER UNA ESTRATEGIA PRESCRIPTIVA, BASADA EN ANÁLISIS TEROTECNOLÓGICO RAMC, PARA UNA PGE

Oliverio García Palencia

Consultor Internacional en Gestión de Activos y Excelencia Operacional

oligar52@yahoo.com

Bogotá, D.C. Colombia.

Abstract

To be competitive, in today's Knowledge Society, it is essential to apply the most modern tools that ensure the realization of the company's strategic objectives. Against this backdrop, Asset Management based on Terotechnology represents the most effective route to face the challenges of today's companies. The Reliability, Availability, Maintainability and Costs (RAMC) Terotechnology Analysis is a proactive, prospective and quantitative analysis of the Costs, Availability, Reliability and Maintainability of an Electric Generation plant. This paper presents the methodology based on the results of RAMC analyses, supported by simulation and modelling tools, and current regulations, within the framework of ISO 55001, to recreate various scenarios that allowed making the most appropriate decisions, to define the Prescriptive Maintenance strategy, with the training and development of staff, necessary to optimize total production costs and achieve company sustainability.

Keywords: Asset Management - Terotechnology - RAMC Analysis - Prescriptive Maintenance - Power Generation.

1. Introducción

La Terotecnología es la disciplina moderna a través de la cual se agrega valor en el cuidado de los activos durante su ciclo de vida ^[1]. El RxM (Mantenimiento Prescriptivo), como la estrategia más importante de la Terotecnología aplicada a la Gestión de Activos, es una evolución avanzada del PdM (Mantenimiento Predictivo) que no solo anticipa fallas y pronostica el estado futuro de los equipos, sino que recomienda las acciones específicas para evitar paradas y optimizar el rendimiento ^[2]. El RxM usa las técnicas de análisis avanzado de datos, diagnóstico predictivo, Machine Learning (ML), Inteligencia Artificial (AI), Gemelos Digitales (DT) y demás tecnologías modernas para generar recomendaciones automatizadas sobre qué, cuándo y cómo intervenir un activo.

El propósito del Análisis Terotecnológico RAMC es definir el desempeño actual, y poder pronosticar el desempeño futuro, para identificar las oportunidades de mejora que permitan maximizar la efectividad, la seguridad y la rentabilidad de la planta a lo largo de su ciclo de vida ^[3].

El objetivo general del análisis integral de los costos es determinar los intervalos óptimos de intervención de mantenimiento, para aumentar la productividad de los activos y minimizar los costos de producción. Ahora bien, el nivel óptimo de mantenimiento es el punto en el cual los costos totales, que combinan los costos directos, el tiempo y la producción perdidos y el deterioro excesivo, son mínimos, que se logra cuando los costos directos se aproximan a los costos indirectos ^[4].

La “Estrategia Prescriptiva” basada en análisis RAM para una PGE, es un enfoque avanzado de gestión y optimización industrial, que utiliza la data histórica, el análisis RAMC y el Mantenimiento Predictivo, para predecir cuándo es probable que ocurran las fallas y prescribir las acciones específicas necesarias para mejorar la disponibilidad, la confiabilidad y el rendimiento de los activos. Este tipo de estrategia tiene como objetivo la utilización efectiva de todos los recursos necesarios para mejorar la producción, garantizando el equilibrio entre los costos operativos de mantenimiento y la disponibilidad de los activos físicos.

2. Terotecnología y RxM

2.1 Terotecnología

La Terotecnología es una disciplina que combina la tecnología y la economía para optimizar la gestión de activos y el mantenimiento industrial. En pocas letras busca sacar el máximo provecho de los equipos y los sistemas al menor costo posible. Se desarrolló en el Reino Unido, en la década de 1970 [1].

La Terotecnología es una mezcla ecléctica de varias disciplinas que incluye: gestión, finanzas, ingeniería y tecnología, que se aplica en los activos físicos para poder optimizar el costo de su ciclo de vida, desde el diseño hasta el descarte, con el consiguiente retorno de la información sobre su operación y costos [2]. La figura 1, muestra en un tablero los elementos básicos de la Terotecnología.



Figura 1. Elementos de la Terotecnología

La Terotecnología da al mantenimiento un nuevo aire, un enfoque de gestión, donde se analizan los costos de cada actividad de forma que el punto de equilibrio de dichos costos sea coherente; es decir que cada actividad sea segura, eficaz y económica; por tanto, el mantenimiento industrial pasa a ser el mayor aportante a la ejecución del plan estratégico corporativo, en cuanto a la calidad, productividad, competitividad, rentabilidad y sostenibilidad.

La Terotecnología es una evolución natural de la Ingeniería de Mantenimiento, brindando una visión

más holística y estratégica. Al combinar lo mejor de ambos mundos, se obtiene una disciplina más poderosa para optimizar los trabajos industriales. Plantea el cuidado integral de la tecnología, y los principios para la creación de modelos de gestión y operación, orientados a la sostenibilidad en la actual sociedad del conocimiento [5].

2.2 Mantenimiento Prescriptivo

El RxM es una evolución avanzada del PdM que no solo pronostica el estado futuro de los equipos, sino que también recomienda acciones específicas para evitar problemas y optimizar su rendimiento. Utiliza modernas técnicas de análisis de datos, AI, DT y ML para generar acciones automatizadas de qué, cuándo y cómo, intervenir un sistema [2]. La figura 2, muestra las principales características del RxM.



Figura 2. Características propias del RxM

El RxM es la estrategia más avanzada de Gestión de Activos porque no solo se anticipa a las fallas, sino que optimiza la toma de decisiones en tiempo real. Gracias al uso de AI, DT y ML, se consigue mejorar la eficiencia y la productividad de la PGE.

3. Análisis RAMC

El Análisis RAMC es un enfoque cuantitativo que evalúa cuatro aspectos esenciales de la ingeniería de plantas aplicable a la Gestión de los Activos: Confiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad y costos. Estos elementos se plantean en la figura 3.

Básicamente los objetivos del análisis RAMC son reducir los costos de mantenimiento y operación, mejorar la productividad y aumentar las utilidades de la empresa. El análisis RAMC evalúa el sistema por medio de la medición del número de fallas de los activos, el tiempo entre estas fallas, su tiempo de operación, el tiempo de reparación y los costos de cada intervención, entre otras medidas [3].

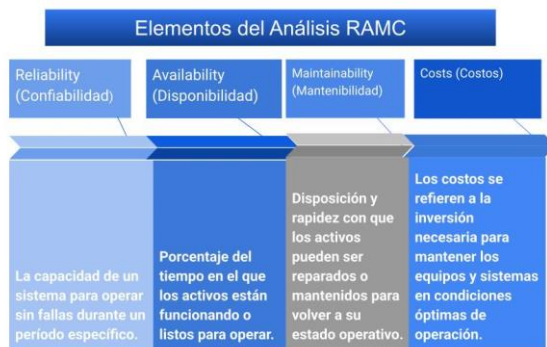


Figura 3. Elementos del Análisis RAMC

En las plantas de generación, el análisis RAMC proporciona los modelos matemáticos que simulan el comportamiento real del sistema. Esto permite conocer los puntos críticos en los activos y definir los períodos óptimos de las acciones proactivas. Con el análisis RAMC se pueden hacer estudios de la capacidad instalada y la requerida, cambios en el plan de mantenimiento y demás, permitiendo crear opciones de redimensionamiento y generar planes de acción que permitan cumplir los compromisos de productividad y seguridad proyectados en el plan estratégico corporativo [4].

4. Metodología

4.1 Definición de Objetivos y Metas

Se deben definir en términos específicos todas las variables, objetivos y metas, que se desean incluir para el desarrollo de la estrategia. En la figura 4 se presentan las actividades preliminares que deben ser tenidas en cuenta como variables necesarias para la definición de los objetivos y metas principales del proyecto.

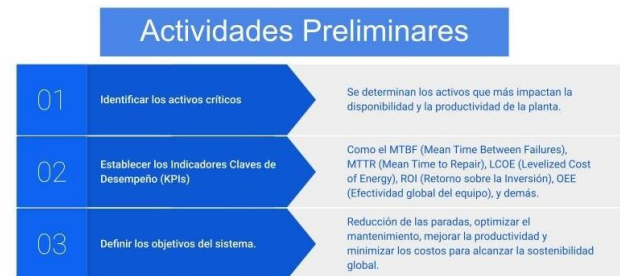


Figura 4. Actividades Preliminares del Proyecto

Teniendo claro los problemas a resolver, y demás elementos constitutivos, se procede a puntualizar el objetivo general, los objetivos específicos y las metas que se pretenden lograr con la aplicación de esta metodología.

4.2 Recolección de la Información

Se debe establecer detalladamente la forma como será recolectada la información, usando los datos históricos, apoyados en encuestas y entrevistas al personal de planta, y la utilización de modernas tecnologías de medición y diagnóstico. Es de vital importancia realizar las etapas mostradas en la figura 5, para asegurar que la data recolectada es de la calidad necesaria para poder constituir una buena Estrategia Prescriptiva.



Figura 5. Etapas de la Recolección de Información

4.3 Ejecución del Análisis RAMC

Con la clasificación de la información recolectada se procede a realizar los análisis correspondientes a la Confiabilidad Operacional, la Disponibilidad

Inherente, la Mantenibilidad de los Activos y los costos del mantenimiento.

El Análisis RAMC es la metodología que permite pronosticar el desempeño de un sistema productivo en un periodo determinado de tiempo a través del diagnóstico de su estado actual. La figura 6 muestra los resultados que se pueden lograr mediante un correcto Análisis RAMC.



Figura 6. Diagnóstico por Análisis RAMC

La implementación de un análisis RAMC permite determinar los equipos de producción que tienen mayor influencia en los KPIs globales de la planta.

4.3.1 Confiabilidad Operacional. La primera letra del RAMC da la probabilidad de que el activo desempeñe su función de acuerdo con las condiciones de diseño y operación, durante un determinado período de tiempo; considera las fallas ocurridas que le indican al gestor cuánto puede confiar en la efectividad del activo.

La expresión matemática más usada para calcular la Confiabilidad $R(t)$, se conoce como distribución de Weibull de tres parámetros [5]:

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t - T_0}{\theta - T_0} \right)^\beta \right]$$

Estos parámetros son:

β [Beta] = Parámetro de forma o geométrico ($\beta > 0$).

θ [Theta] = Parámetro de escala o valor característico ($\theta \geq T_0$).

T_0 = Parámetro de localización, valor garantizado de t ($T_0 \geq 0$).

El Análisis de Confiabilidad tiene como objetivo proporcionar los indicadores que permiten evaluar y mejorar su capacidad operativa de la planta, para trabajar de manera continua, eficiente, económica y segura. Los resultados del análisis sirven para la identificación de las fallas críticas, que permiten optimizar las estrategias del RxM, y de esta forma maximizar la disponibilidad y la productividad de la PGE.

4.3.2 Disponibilidad Inherente. A diferencia de la confiabilidad, la disponibilidad da el tiempo en que el activo está disponible para realizar sus funciones. En otras palabras, se trata de la capacidad que un equipo tiene de estar en condiciones de ejecutar su función principal, durante un intervalo de tiempo determinado.

Al medir la disponibilidad, se compara la cantidad de horas en las cuales el equipo estuvo disponible con la cantidad de horas de trabajo planeadas, (las últimas calculadas por la suma del tiempo activo (Uptime), más el tiempo inactivo (Downtime). En la práctica este cálculo se basa en el Mean Time To Repair (MTTR), que es el tiempo medio que el personal necesita para reparar la máquina. Para calcularlo, se suman los tiempos de reparación y se dividen por el número de intervenciones.

El análisis de disponibilidad de una PGE es vital para asegurar que pueda satisfacer la demanda energética requerida con mínimas interrupciones. El informe debe incluir indicadores claros (como MTBF, MTTR y la disponibilidad inherente), las estrategias de mantenimiento eficaces para lograr mitigar los riesgos de paradas no planificadas.

El objetivo del análisis es lograr una disponibilidad superior al 90%, reducir al mínimo el índice EENS (energía no suministrada) y garantizar que los activos de la planta funcionen de manera segura, eficiente y rentable.

4.3.3 Mantenibilidad Global. Si la confiabilidad establece cuánto se puede confiar en operación del activo y la disponibilidad determina si este puede ser usado, la mantenibilidad representa la facilidad con la que puede ser reparado, para devolverle su función principal, después de un fallo.

La mantenibilidad se relaciona inversamente con la duración y el trabajo requerido para las actividades de mantenimiento. Tiene como objeto evitar todo tipo de fallas mediante la detección de los primeros síntomas. De esta manera, se ejecutan las medidas adecuadas para anticipar la solución del problema, evitando así medidas reactivas y degradaciones del sistema. La figura 7, muestra los factores que más influyen en la mantenibilidad de un activo.



Figura 7. Factores de la Mantenibilidad

El objetivo primordial de la mantenibilidad, en el análisis RAMC, es eliminar los obstáculos y demás dificultades para mantener el buen desempeño del activo. En cuanto más compleja sea la reparación y recuperación de su función principal, menor es la mantenibilidad, y, por consiguiente, los costos del mantenimiento van a ser mayores. Por el contrario, la mantenibilidad es alta cuando el tiempo medio de reparación (MTTR) es bajo, es decir que al equipo le lleva poco tiempo retomar su función normal.

El Análisis de Mantenibilidad de una PGE evalúa la rapidez y eficiencia con que se pueden realizar las tareas de mantenimiento para reducir tiempos de inactividad y maximizar la operación continua. El resultado permite concretar las áreas de mejora, minimizar el tiempo de reparación de los equipos críticos y optimizar los recursos disponibles.

4.4 Análisis de Costos y Riesgos Operacionales

El análisis de los costos de una PGE tiene como propósito identificar, sistematizar y optimizar los gastos asociados a su operación y mantenimiento, garantizando la rentabilidad y la sostenibilidad de la empresa. El resultado de este análisis permitirá evaluar el impacto de cada categoría de costos en la generación y proponer acciones para mejorar la eficiencia operativa sin comprometer la calidad ni la confiabilidad del suministro de energía. En la figura 8, se muestran los costos de mantenimiento que se deben analizar para poder proyectar el costo total óptimo de mantenimiento.



Figura 8. Costos Generales de Mantenimiento

El primer ítem corresponde a los costos directos que se deben analizar para establecer los periodos óptimos de intervención de mantenimiento. Los costos por Mantenimiento Reactivo cuantifican los gastos de las reparaciones por fallas imprevistas y su impacto en el presupuesto anual. Los costos por Mantenimiento Proactivo evalúan si las acciones proactivas están justificadas y optimizadas para evitar fallas mayores, y para ser comparados con los costos del reactivo. El resultado esperado debe ser la reducción del costo reactivo mediante una mejor planificación del preventivo y predictivo.

El Análisis de Costos de una planta de generación eléctrica es básico para maximizar la rentabilidad, garantizar la sostenibilidad operativa y mantener la competitividad. Un resultado efectivo es aquel que permite tomar decisiones estratégicas dirigidas a optimizar los recursos, disminuir los riesgos y

asegurar el cumplimiento de los compromisos de generación eléctrica con un costo de producción competitivo.

4.5 Optimización Integral de Costos

En mantenimiento la optimización integral de sus costos es un enfoque estratégico que busca mejorar la gestión total de la organización, pues considera el mantenimiento como parte integral de la Gestión de Activos. El objeto del proceso de optimización es establecer los intervalos óptimos de las acciones proactivas, para mejorar la productividad y reducir los costos totales del departamento. Ahora bien, el costo total óptimo, que integra los costos directos, la producción perdida y el deterioro excesivo, es el punto mínimo de la curva, como se muestra en la Figura 9, que se revela cuando los costos directos se aproximan a los costos indirectos [4].

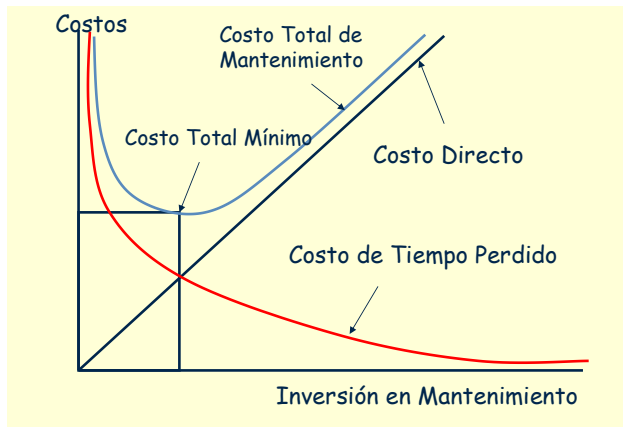


Figura 9. Costos del Mantenimiento

El análisis integral de los costos del mantenimiento programado y del mantenimiento no programado, sirve para resolver el problema de optimización del proceso de mantenimiento, cuando se apoya con un sistema asistido por computador.

El costo del Mantenimiento Programado $C_s(t)$ en un tiempo dado t_0 se expresa como [6]:

$$C_s(t) = t_0 \sum_{i=1}^n (C_i / t_i)$$

Donde el t_i es el término i del tiempo medio para falla, y el C_i es el término i de la correspondiente acción de mantenimiento.

El costo del Mantenimiento No Programado $C_u(t)$ se estima por [6]:

$$C_u(t) = t / t_0 \sum_{i=1}^n (f_i C_i)$$

Donde el f_i es el término i del periodo de acción de mantenimiento no programado en el tiempo t_0 .

Ambos la probabilidad de supervivencia de un equipo y la probabilidad de ocurrencias de fallas se presentan en el mismo tiempo. Con base en esta observación, el costo total de mantenimiento $C_m(t)$ asociando los dos tipos de mantenimiento puede determinarse por:

$$C_m(t) = C_s(t) + c_u(t)$$

El problema es minimizar $C_m(t)$ para calcular el ciclo de mantenimiento óptimo t^* . Este problema se puede resolver derivando $C_m(t)$ con respecto a t , e igualando a cero. La ecuación para un periodo de estudio dado se puede generalizar, planteando que el ciclo de mantenimiento óptimo es igual a la frecuencia seleccionada por la raíz cuadrada de la razón de costos de mantenimiento programado sobre costos de mantenimiento no programado [4]:

$$t^* = t_0 (C_s / C_u)^{0.5}$$

El análisis de costos de mantenimiento proactivo demuestra que las metodologías predictivas y otras preventivas son más rentables que las reactivas en el largo plazo. Al adoptar un enfoque integral, basado en datos, las empresas pueden lograr una mayor efectividad y confiabilidad de sus activos.

El resultado esperado es una mayor disponibilidad de la planta, una muy alta reducción de las paradas imprevistas y un ahorro neto en costos operativos.

Además, la escalada al RxM permite cumplir con los estándares de seguridad, eficiencia energética y normas ambientales, garantizando la sostenibilidad de la organización.

4.6 Estrategia Prescriptiva

Una “Estrategia Prescriptiva” está constituida en su forma más básica por el plan de Mantenimiento Prescriptivo y las demás acciones necesarias para su efectiva implementación. Más allá del análisis predictivo el prescriptivo no solo predice cuándo van a darse las fallas, sino que además recomienda las acciones específicas para evitarlas y optimizar el desempeño, basado en nuevos procesos de análisis y optimización.

Una Estrategia Prescriptiva:

- *Se basa en datos:* Utiliza información histórica y actual para predecir tendencias y tomar decisiones informadas.
- *Es proactiva:* No solo reacciona a los problemas, sino que se anticipa y busca soluciones.
- *Es personalizada:* Se adapta a las necesidades y características únicas de cada organización.
- *Es optima:* Busca la mejor manera de utilizar los recursos disponibles para lograr los objetivos.
- *Mejora la toma de decisiones:* Pues proporciona información clara y concisa para elegir la mejor opción.
- *Aumenta la eficiencia:* Optimiza los procesos y reduce el desperdicio de recursos.
- *Reduce el riesgo:* Anticipa posibles problemas y desarrolla planes de contingencia.
- *Aumenta la rentabilidad:* Maximiza los resultados y el retorno de la inversión.

El Plan de **Mantenimiento Prescriptivo** incluye:

1. Monitoreo en tiempo real: Utiliza sensores IoT y sistemas SCADA para obtener datos en tiempo real sobre la temperatura, la vibración, el ruido y el flujo de energía y de combustible, que definen el rendimiento de los equipos críticos.

2. Diagnóstico Predictivo: A partir de los planes de Mantenimiento Predictivo preestablecidos, o de los análisis RAMC, se definen las anomalías en los activos críticos y se anticipan las posibles fallas con base en información exacta.

3. Prescripción de acciones: En lugar de predecir fallas, el sistema recomienda las mejores acciones operativas o de mantenimiento para prevenir y eliminar las fallas incipientes y la programación de paradas planificadas, minimizando el impacto en la producción.

4. Optimización del Mantenimiento: Con base en el análisis RAMC se definen las ventanas ideales de mantenimiento para reducir tiempos de parada y costos operativos. Con el apoyo de la AI y el ML se usan algoritmos sofisticados para identificar patrones, correlaciones y anomalías en los datos.

5. Simulación de escenarios: Emplea los modelos RAMC para evaluar las diferentes estrategias de mantenimiento y operación, con el objetivo de encontrar la opción más eficiente.

4.7 Implementación del Programa

En la implementación del plan de RxM diseñado y ratificado con la realización de programas de PdM y de análisis RAMC, se debe tener en cuenta la ejecución de acciones previas, de comunicación y divulgación del plan, y la necesaria formación y actualización técnica de los ejecutores, mediante debates y reuniones que concienticen sobre los beneficios del programa. Una vez sea aprobado el proyecto, su ejecución y cumplimiento deben ser lo más estrictos posible.

El éxito del RxM depende de la combinación de equipos de diagnóstico predictivo, como sensores, cámaras y drones, software para análisis avanzado de datos, AI (Inteligencia Artificial Generativa), ML (Machine Learning), DT (Gemelos Digitales) y demás tecnologías habilitadoras. Estos sistemas

de análisis en tiempo real, no solo detectan fallas potenciales, sino que también generan sugerencias precisas para solucionar problemas, optimizar el rendimiento y maximizar la eficiencia operativa.

El uso de Gemelos Digitales (DT) es fundamental para simular los modelos. Un gemelo digital es una representación de un activo físico, como un motor, una turbina, o incluso una PGE. El gemelo digital, como el mostrado en la figura 10 (Cortesía de GE) permite a los gestores predecir el comportamiento del activo basándose en simulaciones en diversas condiciones.

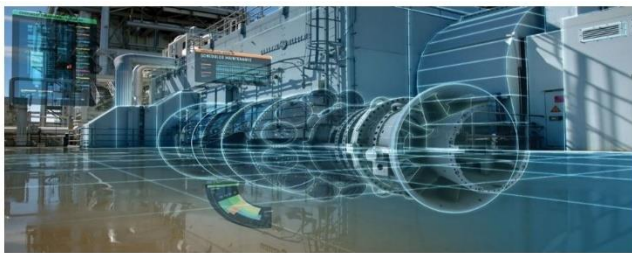


Figura 10. Gemelo Digital

4.8 Diagnóstico Final y Entrega Documental

Después de implementar el plan de RxM, se debe hacer el diagnóstico del nuevo estado de la planta, que será la base para determinar el impacto de la Estrategia Prescriptiva en la productividad y en la sostenibilidad de la PGE. Es importante anotar que después de la implementación de un programa de mejoramiento siempre se presenta una reducción considerable de las paradas de planta y un aumento constante en la generación de energía.

El diagnóstico final después del RxM involucra la ejecución de un informe detallado de cada uno de los procesos realizados, con los logros obtenidos y su efecto en el Capital Intelectual de la compañía. Debe abarcar varios aspectos como, el análisis de calidad de los datos, la efectividad y la reducción de los costos, el impacto en la Seguridad Humana, la satisfacción del personal, la planificación futura y las conclusiones generales.

4.9 Plan de Auditoría de Mejora Continua

Para establecer el programa de mejora continua, se deben crear equipos de trabajo y de seguimiento y control, que implementen un plan de auditoría para controlar las mejoras de productividad de la planta. Es necesario el uso continuado de software y KPIs (indicadores de desempeño), o sistemas de control inteligente, que detecten desviaciones en tiempo real, para tomar los correctivos necesarios y mantener la producción dentro de los parámetros esperados.

Para desarrollar un plan exitoso se requiere:

- Monitoreo de los KPIs: Implica medir de forma continua el impacto del RxM en la disponibilidad, efectividad y competitividad de la planta.
- Auditorías periódicas: Revisar los resultados que se van obteniendo e involucrarlos en el proceso de la mejora continua.
- Retroalimentación constante: Ajustar de manera constante los algoritmos y los procesos según se vayan dando los resultados operativos.

5. Mejoras en la Confiabilidad

Con la implementación efectiva de una Estrategia Prescriptiva se obtienen las siguientes mejoras:

1. Mayor disponibilidad de los activos: Minimiza los tiempos de inactividad mediante la aplicación eficaz de Mantenimiento Preventivo y Predictivo.
2. Reducción de costos operativos: Evita paradas no programadas y optimiza el uso de los recursos.
3. Aumento de la vida útil de los equipos: Detecta problemas incipientes antes de que se conviertan en fallas críticas.
4. Mayor Seguridad Operativa y Humana: Reduce el riesgo de accidentes y errores humanos.

5. Mayor eficiencia energética: Se maximiza la generación eléctrica, optimizando el consumo de recursos.

6. Mejor gestión de riesgos: Identifica los equipos más críticos y asegura que tendrán una atención prioritaria.

7. Mejor calidad de energía: Garantiza productos y servicios de mayor calidad.

8. Mayor compromiso del personal: Aumenta el sentido de pertenencia, compromiso y motivación del personal de la planta.

6. Conclusiones

- La Estrategia Prescriptiva es una herramienta poderosa para llevar a cabo con éxito un plan de Gestión Estratégica. Al proporcionar una guía clara y detallada, ayuda a las empresas a alcanzar sus objetivos de manera más eficiente y efectiva.
- Una Estrategia Prescriptiva basada en RAMC es fundamental para optimizar la confiabilidad y la disponibilidad de la PGE. La aplicación de esta metodología integra tecnologías avanzadas de análisis de datos y sistemas de diagnóstico moderno para prescribir las mejores decisiones y permitir a las plantas operar con la máxima eficiencia y confiabilidad.
- El Mantenimiento Prescriptivo se ha consolidado como una herramienta clave en industrias donde la confiabilidad y la disponibilidad son vitales. Su aplicabilidad abarca desde plantas eléctricas hasta sistemas del sector salud, aportando las mejores decisiones basadas en datos reales.
- El Mantenimiento Prescriptivo es una realidad y va a seguir evolucionando. Con la convicción de prescribir automáticamente las mejores rutinas proactivas para un activo, se debe tener presente el valor del entendimiento de sus algoritmos, con

el objetivo de que no se presenten problemas de transparencia en la aplicación asignada.

- El futuro del Mantenimiento Prescriptivo se da como una convergencia de tecnología avanzada, analítica de datos y un enfoque proactivo en la gestión de activos. A medida que se adopten las nuevas tecnologías y se expanda las capacidades analíticas, las organizaciones podrán optimizar sus operaciones, mejorar la confiabilidad de los equipos y alcanzar una mayor sostenibilidad.

7. Referencias Bibliográficas

- [1]. GARCÍA P., OLIVERIO. (2013). "CONFIABILIDAD HUMANA, CLAVE DE LA COMPETITIVIDAD ORGANIZACIONAL". IMPRESOS LEGIS. PRIMERA EDICIÓN. BOGOTÁ, COLOMBIA.
- [2]. GORDON, J. R. (1997). "CÓMO CAMBIAR A LAS ORGANIZACIONES PARA MEJORAR SU DESEMPEÑO Y COMPETITIVIDAD". EN: GRANELL, E. PRENTICE-HALL HISPANOAMERICANA, MÉXICO.
- [3]. MELO, S. (2020). "EL FUTURO DEL MANTENIMIENTO: UNA GUÍA PARA LA INDUSTRIA 4.0"
<https://mydatascope.com/blog/es/el-futuro-del-mantenimiento-una-guia-para-la-industria-4-0/>
- [4]. TOURON, J. (2016). "INDUSTRIA 4.0 DEFINICIÓN DEL OEE". <https://www.sistemasoe.com/definicion-oe/>
- [5]. GÓMEZ, R. F. (2018). "ANÁLISIS RAM DE UNA PLANTA TERMOELÉCTRICA", CONGRESO INTERNACIONAL DE TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE ACIEM CUNDINAMARCA, BOGOTÁ D.C.
- [6]. RUSSELL, STUAR (2012). "ARTIFICIAL INTELLIGENCE A MODERN APPROACH", ISBN:9781537600314, 1537600311. CREATE SPACE INDEPENDENT PUBLISHING PLATFORM.
- [7]. MURPHY, KEVIN P. (2012). "MACHINE LEARNING: A PROBABILISTIC PERSPECTIVE" ISBN:9780262018029,0262018020. MIT PRESS.

OLIVERIO GARCÍA PALENCIA

DIRECCIÓN OFICINA: CALLE 56 No. 35-15, INTERIOR 106.
CELULARES: +57 3017346425 - 3017190191.
BOGOTÁ, DISTRITO CAPITAL. COLOMBIA.