



CAJA COSTARRICENSE DE SEGURO SOCIAL

Dirección Mantenimiento Institucional

Área Investigación y Desarrollo del Mantenimiento Institucional

Teléfonos 2539-1512

24 de enero de 2024

Señor

Pedro Alfonso Rosales Navarro

Presidente

Congreso Internacional de Mantenimiento y Gestión de Activos

ACIEM

Estimado señor:

En atención a su comunicado **PCIM 042-22**, en donde se comunica la preselección de la ponencia **“IA el Eslabón perdido de la Gestión de Activos y el Mantenimiento (No Es Ficción)”**, procedo a hacer envío oficial del trabajo completo.

De antemano pido disculpas por el retraso en la presentación del informe, el cual se debió más que nada a temas de mi ocupada agenda y en vista que el tema lo desarrolle desde 0 en estos meses. Siendo un tema tan novedoso, hallar fuentes confiables y trabajar con la IA fue todo un desafío.

Por último, recalcarles, que es un honor y un orgullo poder ser parte del congreso, quedó a su disposición para ampliar el tema en caso de dudas o de requerirse cambios.

Atentamente,

Ing. David Arroyo Oconitrillo
Profesional

 : Archivo



IA EL ESLABÓN PERDIDO DE LA GESTIÓN DE ACTIVOS Y EL MANTENIMIENTO (NO ES FICCIÓN)

Resumen

Este trabajo hace un análisis sobre el impacto de la inteligencia artificial (IA) en la gestión de activos (GA) y mantenimiento (Mtto). A pesar de las preocupaciones en torno a la "era de las máquinas", la IA emerge como una herramienta vital, transformando operaciones, procesos e incluso el papel tradicional del ingeniero. Su capacidad para auto desarrollarse mediante técnicas de aprendizaje automático, como el "machine learning", destaca como una característica sorprendente. Las IA's son el "eslabón perdido" de la GA y el Mtto, ya que son la pieza que faltaba para lograr nuevos modelos de confiabilidad operacional, marcando una nueva era de autosuficiencia de los activos.



Figura 1. Imagen futurista de un ingeniero creada en DALL-E

1. Historia evolución y relación

1.1. Historia y evolución de la IA

Se estima que el surgimiento de la IA comienza en la década de 1950, en donde se tiene documentado

que Allan Turing, desarrolló la "prueba de Turing", el cual se trataba de un modelo teórico-matemático que pretendía medir la inteligencia de las máquinas. Mientras que en el año 1959, Marvin Minsky y John McCarthy, entre otros, fundaron el Laboratorio de Inteligencia Artificial en el MIT.

En los años 60 por su parte, se desarrollaron los primeros programas de IA, incluyendo el programa de resolución de problemas "General Problem Solver" de Allen Newell y Herbert A. Simon. El lenguaje de programación LISP también fue creado en esta década y sigue siendo importante en el desarrollo de la IA.

Ya para los años 70, se diseñaron programas que imitaban la toma de decisiones de las personas, estos se denominaron sistemas expertos. Por ejemplo, el MYCIN fue un sistema experto desarrollado para el diagnóstico médico, representando todo un hito en la industria de la salud.

Llegaron los años 80, y el enfoque de los científicos fue el aprendizaje automático y la conexión de la IA con la estadística. Se desarrollaron algoritmos de aprendizaje como el retropropagación, fundamental para las redes neuronales artificiales.

En los 90's lo más destacado fue que la supercomputadora desarrollada por IBM, llamada "Deep Blue" derrotó al entonces campeón del mundo en ajedrez, el ruso-croata Gary Kasparov. Por otro lado, se comenzaron a acumular una gran cantidad de datos y de poder de cómputo, lo cual condujo a los expertos a interesarse aún más por las redes neuronales y un nuevo concepto denominado "aprendizaje profundo".

La década de los 00's, estuvo marcada por el "boom" de los asistentes virtuales (creados en gran



XXVI CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

24 AL 26 DE ABRIL DE 2024. Bogotá - Colombia



parte gracias al desarrollo de las redes neuronales), al mismo tiempo, una mayor penetración del internet, permitió la mejora exponencialmente de los motores de búsqueda y recomendación como los de Google y Netflix. Mientras que en la industria ya se comenzaba a utilizar tecnología para el reconocimiento de patrones y visión por computadora.

En la década siguiente, correspondiente al 2010, se profundizó en el aprendizaje profundo, lo cual llevó a una mejora en aplicativos de reconocimiento de voz, procesamiento de lenguaje natural y visión por computadora.

En la actualidad, la IA sigue evolucionando a la velocidad de la luz, han surgido aplicaciones en diversas industrias, incluyendo la salud, la automoción y la atención al cliente, que le han dado mayor visibilidad y utilidad para todos los seres humanos. Las famosas versiones de aplicaciones como Chat GPT, han generado gran furor en el mundo por su facilidad de uso y fiabilidad para la generación de texto y su eficiente comprensión del lenguaje natural.

En los últimos tres años el mundo ha sido testigo como se ha iniciado un proceso de transición hacia la máxima automatización y robotización de los procesos. Algo realmente sorprendente es la capacidad de generar contenido utilizando o creando avatares de personas, con su cuerpo, voz, pensamientos, conocimientos e ideas. Cosa que nos está acercando cada vez más hacia una etapa en donde la IA, será uno de los pilares para la vida del ser humano.

1.1.1. ¿Y la robótica?

La robótica y la IA, son conceptos tecnológicos similares y que van de la mano, es importante tener claro la diferencia entre la IA y la robótica, ambas se complementan. Comparándolas con las

computadoras podríamos decir que las IA son el software y los robots el hardware.

Si bien la robótica y la IA a menudo se combinan en aplicaciones prácticas, son disciplinas distintas que se complementan entre sí para crear sistemas avanzados y autónomos. La IA puede potenciar la capacidad de toma de decisiones de los robots, mientras que la robótica proporciona la plataforma física para que los sistemas de IA interactúen con el mundo real.

Para efectos del presente trabajo cuando hablaremos de robótica e IA en los siguientes términos:

- Robótica: son máquinas programables capaces de realizar tareas físicas en el mundo real, como mover objetos, soldar, ensamblar, explorar entornos, entre otras.
- IA: se trata de sistemas y programas de computadora que realizan tareas que usualmente requieren la presencia de inteligencia humana, como el aprendizaje, la toma de decisiones, cálculos, el razonamiento, la comprensión del lenguaje natural, la visión por computadora, la percepción y la resolución de problemas complejos. La IA se basa en el desarrollo de algoritmos y modelos que permiten a las computadoras a realizar tareas de manera autónoma, sin la necesidad de contar con la presencia de inteligencia humana.

1.2. Historia y evolución de la de la gestión de Mto y GA.

Como preámbulo podemos decir, que dentro de la toda la historia de la evolución del Mto y la GA, existen grandes propulsores de su desarrollo, como lo fueron las industrias militar (particularmente la aviación y aeroespacial), la automotriz y la petrolera. Mucho provocado por hitos desastrosos



XXVI CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

24 AL 26 DE ABRIL DE 2024. Bogotá - Colombia



que arrastraron vidas humanas, nefastos impactos ambientales y grandes pérdidas económicas.

En el mundo se inicia a hablar de mantenimiento en la era de la revolución industrial; es decir, en el auge de las maquilas o la industrialización de los procesos, conlleva a que, a inicios del siglo XX, la necesidad de reparación de estos sistemas y equipos se tuvieran que crear por necesidad “equipos humanos” con mayores destrezas y conocimiento para la reparación de los activos físicos.

Evidentemente, estábamos ante un enfoque totalmente reactivo, que ocasionaba grandes pérdidas económicas y accidentes de todo tipo.

La industria y desarrollo de máquinas llegó al ámbito militar, lo cual visibilizó una necesidad imperiosa de hacer que estos equipos, armas, etc; fueran más confiables. Podemos decir que esta necesidad llevó a los distintos bandos a desarrollar metodologías y enfoques que permitieran aumentar la confiabilidad y disponibilidad de los activos.

Después de las guerras, las distintas industrias adoptaron y mejoraron los desarrollos de la industria militar, y se podría que a partir de ahí hay mayor evidencia de que nace el mantenimiento preventivo con actividades como inspecciones y sustituciones de parte. Esto generó grandes réditos en la industria ya que disminuyeron periodos de inactividad y reducción de costos operativos. Gran parte de los avances en esta materia se le atribuyen a Ford Motor Company. El punto pendiente a mejorar durante esta etapa, fue que muchas veces se realizaban tareas innecesarias.

En los años 50 y 60, surge la teoría de la confiabilidad, la cual se desarrolló como un enfoque matemático y estadístico para predecir fallos en equipos y maquinaria, lo que llevó a estrategias de mantenimiento más sofisticadas.

Durante los años 70, la Fuerza Área de los EEUU desarrolló el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC o RCM en inglés), en manos de Stanley Nowlan y Howard Heap. Esta metodología de uso extendido hasta el día de hoy, se centra en identificar las funciones más críticas de los activos y en establecer prácticas de mantenimiento para maximizar su disponibilidad y confiabilidad, esto evidentemente a partir de históricos de datos de fallas y comportamiento de los activos.

Con la llegada de la computación y la automatización en los 80 y 90, la gestión del mantenimiento experimentó una transformación. Los sistemas de gestión de mantenimiento asistidos por computadora (GMAO o CMMS) permitieron un seguimiento más eficiente y una mejor planificación del mantenimiento.

En las próximas décadas, la industria petrolera motivada por reducir-optimizar costos y riesgos, se ve obligada a invertir en el desarrollo en nuevos modelos de gestión que involucren otras áreas de los negocios. Aunque no existe evidencia tangible de ello, es evidente que el concepto manejado hasta este momento como gestión de mantenimiento, se estaba quedando corto; por lo cual distintas empresas comienzan a utilizar nuevos enfoques de gestión que integren los “silos” que normalmente costaba incorporar en el cuidado y manejo de los activos.

De esta manera en el año 1993 en Reino Unido, liderados por el que considerado padre de la GA, John Woodhouse, se crea el Instituto de Gestión de Activos (IAM), el cual agrupaba a una serie de empresas que estaban desarrollando mejoras en temas de rentabilidad y productividad por medio de mejores enfoques y sistemas de gestión para el cuidado y la gestión integral de los activos.



XXVI CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

24 AL 26 DE ABRIL DE 2024. Bogotá - Colombia



Se puede decir que estas buenas prácticas, se acumularon por más de 10 años, hasta que en el año 2004, se publica el estándar británico BSI-PAS 55, el cual fue acogido e implementado de gran forma por una cantidad grande de empresas principalmente de Reino Unido, Australia, Nueva Zelanda y Sudáfrica. Los buenas experiencias provocó que dicha norma se lanzará a nivel internacional, contando incluso con una versión en español, esto por ahí del año 2008.

A su vez la ISO toma la decisión de trabajar en un proyecto de norma para su homologación, de tal forma en el año 2014 el compendio de normas ISO 55000 es publicada por dicha organización. Como bien sabemos existen documentados cientos de casos de éxito sobre la aplicación de este estándar en todo tipo de industria.

1.3. Relación de la IA y la gestión del mantenimiento y gestión de activos

Si hacemos un análisis en retrospectiva de la historia y evolución de la IA, está ha marcado enormemente las características y condiciones de los activos físicos, pero a su vez han generado mejores soluciones para la gestión del mantenimiento y la gestión de los activos.

Por eso, no es casual que el surgimiento de las IA esté identificado en la misma época que surgieron nuevas técnicas de confiabilidad; similar a lo que enfrentamos ahora, el desarrollo de la industria y la tecnología proporcionan mejores condiciones y conocimiento para mejorar la GA.

Por ejemplo, el Internet de las Cosas (IoT) y Big Data, han brindado mayor auge al mantenimiento predictivo, el cual se ha vuelto más sofisticado, y automatizado; ya que se utilizan instrumentos de medición que nutren los análisis de datos y modelos de confiabilidad, con datos más precisos y en tiempo real. Esto ha llevado a desarrollar predicciones cada vez más confiables, evitando

fallas antes de que ocurran, lo cual evidentemente ha generado grandes ahorros y rentabilidad en los procesos

La tecnología cada vez avanza más rápido, paso de acuñar y hablar de la Industria 4.0, en 2011, a que ya estamos ingresando a una nueva revolución industrial denominada Industria 5.0; si bien es cierto este nuevo enfoque conlleva a una visión más humana y holística con el mundo y el medio ambiente; es claro que traería consigo transformaciones fuertes a nivel de puestos de trabajo y procesos productivos. Quizá lo más valioso es que se ha detectado la necesidad de que la producción en general sea más sostenible, duradera y amigable con el medio ambiente. A esto se le ha denominado economía circular.

2. Integración de las IA con la gestión de activos y mantenimiento

2.1. ¿Cómo funciona la IA?

Antes de adentrarnos en los beneficios y como impactará la IA y robótica a la gestión de los activos y el mantenimiento; es preciso conocer cómo funciona esta tecnología.

La inteligencia artificial (IA) funciona imitando la capacidad de aprendizaje y toma de decisiones humanas mediante algoritmos y redes neuronales. Dentro de los tipos de IA, tenemos:

- **Generativa:** la cual se caracteriza porque crea nuevos contenidos, como texto, imágenes o música, aprendiendo de grandes volúmenes de datos existentes.
- **Predictiva:** se enfoca en anticipar eventos futuros, analizando patrones en datos históricos para hacer pronósticos, en el área de la ingeniería tiene su aplicación anticipando fallas y comportamientos de los activos, entre otros.



XXVI CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

24 AL 26 DE ABRIL DE 2024. Bogotá - Colombia



Por otra parte, al ser un tema relativamente nuevo, hay una infinidad de conceptos y nombres; los cuales dependerán en gran medida del enfoque que le quiera dar el “experto” que aborda el tema. A continuación, se hace un repaso de los conceptos más importantes a tomar en consideración para comprender las IA:

- **Deep learning:** o aprendizaje profundo, se trata de un subcampo de IA basado en redes neuronales con múltiples capas.
- **Machine Learning:** o algoritmos de Aprendizaje Automático, los cuales son métodos que permiten a las máquinas aprender de los datos.
- **Redes Neuronales:** Modelos computacionales inspirados en el cerebro humano para procesar información.
- **Procesamiento del Lenguaje Natural (PLN):** Tecnología para que las máquinas entiendan y respondan en lenguaje humano.
- **Reconocimiento de Patrones:** Capacidad de la IA para identificar patrones y regularidades en los datos.
- **Prompts:** Instrucciones o datos de entrada que guían a la IA en la generación de respuestas o contenidos.
- **Bases de Datos y Big Data:** Grandes conjuntos de datos utilizados para entrenar y mejorar los modelos de IA
- **Visión por Computadora:** Tecnología que permite a las máquinas "ver" y analizar imágenes y videos.

2.2. Beneficios de la IA para la gestión del mantenimiento

Anteriormente se menciona el hecho de que indiscutiblemente la IA está transformando la gestión del mantenimiento, haciéndola más predictiva, eficiente, rentable y segura, permitirá a los distintos negocios optimizar sus operaciones, reducir costos debido a una mejora en la

confiabilidad y longevidad de sus activos. A continuación, se identifican 10 aportes concretos que ya trae la IA a la gestión del mantenimiento:

- **Potencia el Mtto Predictivo:** ya que puede analizar datos de sensores y tendencias históricas para predecir cuándo es probable que un equipo falle. Esto permite a las empresas realizar mantenimientos antes de que ocurran las averías, evitando paradas no planificadas y costosas reparaciones.
- **Optimiza la Planificación del Mantenimiento:** puede ayudar a planificar de manera más efectiva las actividades de mantenimiento, asegurando que se realicen en el momento óptimo y minimizando las interrupciones en las operaciones.
- **Reduce tiempos de inactividad:** Al predecir y prevenir fallas, la IA puede reducir significativamente los tiempos de inactividad de los equipos, lo que es crucial para industrias donde el tiempo de inactividad implica grandes pérdidas económicas.
- **Mejora la Seguridad:** La IA puede identificar patrones que indican un riesgo de falla que podría ser peligrosa para los operarios. Al anticipar y corregir estos problemas, se mejora la seguridad en el entorno de trabajo.
- **Eficiencia en el uso de recursos:** La IA permite una asignación más eficiente de recursos para el mantenimiento, incluyendo personal, repuestos y equipos, lo que puede conducir a una reducción de costos.
- **Análisis de datos:** la IA permite procesar y analizar grandes volúmenes de datos, permitiendo un análisis más profundo y detallado de las condiciones de los equipos.
- **Detección temprana de fallas:** detecta sutiles señales de advertencia de fallas mucho antes de que sean evidentes para los operadores humanos, lo que permite una intervención temprana.
- **Personalización:** con la captura y análisis de datos, de manera progresiva adapta las



XXVI CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

24 AL 26 DE ABRIL DE 2024. Bogotá - Colombia



estrategias de mantenimiento a las condiciones y características específicas de cada equipo y su entorno, en lugar de depender de recomendaciones de fabricantes u otro tipo de subjetividades como el criterio de experto o la “prueba y error”.

- **Integración con otras tecnologías:** La IA puede integrarse fácilmente con otras tecnologías, como IoT y sistemas de gestión de mantenimiento asistidos por computadora (GMAO), creando un ecosistema de mantenimiento más robusto y coherente. Incluso algunos sistemas como SAP-PM y Maximo ya tienen incorporada la IA en sus soluciones actualizadas.
- **Mejora Continua:** los sistemas IA, están hechos con estructuras de autoaprendizaje, de tal forma que aprenden de forma constante y adaptan sus recomendaciones en base a nuevos datos y resultados; esto facilita una mejora continua sin involucrar mucho desgastes en análisis y construcción de modelos.

2.3. Beneficios de la IA para la gestión de activos

Aunque hablar de Mto y gestión de activos por aparte parece estar trillado, desde la experiencia desarrollada por más de 20 años de carrera, la GA vino a establecer una disciplina en los negocios, con el fin de poder visualizar de forma integral el ciclo de vida de los activos. Es por eso que se hace énfasis en separar los beneficios de una y otra. De esta forma, los aportes para la gestión de activos de la IA, son:

- **Optimización del Ciclo de Vida de los Activos:** puede analizar datos a lo largo del ciclo de vida completo de un activo para mejorar su rendimiento, durabilidad y rentabilidad. Esto incluye la optimización de la adquisición, el uso, el mantenimiento y la eventual disposición o reciclaje del activo.
- **Mejora la gestión del mantenimiento:** al ser el Mto una disciplina contenida dentro de la

GA y del ciclo de vida de los activos, lo veremos como uno de los beneficios que como ya lo vimos anteriormente, es muy potente para generar beneficios y rentabilidad en los negocios.

- **Gestión de riesgos mejorada:** La IA puede identificar y analizar patrones en los datos para prever riesgos potenciales asociados con ciertos activos, ayudando a las organizaciones a mitigar esos riesgos de manera proactiva.
- **Mejora en la Toma de Decisiones:** con la IA, las organizaciones podrán tomar decisiones más informadas en cada una de las etapas del ciclo de vida de los activos; basándose en un análisis detallado del rendimiento, los costos y los beneficios a lo largo del tiempo.
- **Maximización del rendimiento de los Activos:** La IA puede ayudar a determinar la forma más eficiente de utilizar los activos, asegurando que se maximice su rendimiento y se minimice el desgaste innecesario.
- **Reducción de costos operativos:** la IA ayudará a reducir significativamente los costos operativos, a partir de mejoras en mantenimiento, toma de decisiones y el monitoreo de los activos.
- **Sostenibilidad y Eficiencia Energética:** La IA puede contribuir a una gestión más sostenible de los activos, optimizando el consumo de energía y reduciendo las emisiones de carbono, lo cual es cada vez más importante en el contexto de la economía circular y las regulaciones medioambientales.
- **Integración de datos y Benchmarking:** permite integrar y analizar datos de diversas fuentes, mejorando la colaboración entre “partners”, departamentos y facilitando una visión más holística y precisa del rendimiento de los activos. La eficiencia de las IA's depende en gran medida de la cantidad y calidad de datos de los que disponga.
- **Innovación y ventaja competitiva:** La implementación de soluciones basadas en IA para la gestión de activos puede conducir a la



XXVI CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

24 AL 26 DE ABRIL DE 2024. Bogotá - Colombia



innovación y proporcionar una ventaja competitiva, al permitir a las empresas operar de manera más eficiente y responder más rápidamente a los cambios del mercado.

2.4. Herramientas y aplicaciones disponibles de IA

Es importante señalar, que básicamente todo desarrollo tecnológico y aplicaciones, según el contexto pueden ser utilizadas para mejorar la gestión de los profesionales dedicados a la gestión de activos y la gestión del mantenimiento. Desde las famosas como Chat GPT o Midjourney, hasta algunas menos conocidas, pero si muy poderosas como Pika.

A continuación, las principales herramientas y aplicaciones que se disponen actualmente hechas específicamente para gestión de activos y gestión del mantenimiento. Las más poderosas evidentemente están vinculadas a grandes corporaciones que dominan alguna rama de la tecnología:

- **IBM Maximo Asset Performance Management (APM):** Ofrece capacidades avanzadas de análisis predictivo y mantenimiento basado en la condición, ayudando a las empresas a anticipar y prevenir fallas de los activos.
- **SAP Intelligent Asset Management:** Esta solución de SAP combina capacidades de gestión de activos con análisis avanzados e IA para mejorar la visibilidad, el control y la eficiencia operativa.
- **SAP Asset Intelligence Network:** Esta plataforma se centra en la colaboración en red y el intercambio de datos entre fabricantes, operadores y proveedores de servicios, integrando IA para optimizar la gestión de activos.
- **GE Digital's Predix Asset Performance Management:** Esta solución aprovecha el análisis de big data y el aprendizaje automático

para mejorar la fiabilidad y la disponibilidad de los activos industriales, reduciendo al mismo tiempo los costos operativos.

- **Siemens MindSphere:** Como plataforma de IoT industrial, MindSphere recoge y analiza datos de activos para proporcionar insights valiosos, utilizando IA para mejorar la eficiencia y la toma de decisiones en la gestión de activos.
- **ABB Ability Asset Performance Management:** ABB Ability proporciona soluciones de monitoreo de la condición y mantenimiento predictivo, integrando IA para ofrecer una mejor visibilidad y control sobre los activos industriales.
- **Schneider Electric EcoStruxure Asset Advisor:** EcoStruxure aprovecha la IA para ofrecer un servicio de gestión de activos que automatiza, mejora la seguridad, la fiabilidad y la eficiencia de los activos. Esta muy enfocada en soluciones para edificaciones e instalaciones.
- **Uptake:** Esta plataforma de IA y análisis predictivo está diseñada para mejorar la confiabilidad, la eficiencia y la seguridad de los activos en diversas industrias.
- **PTC ThingWorx for Asset Monitoring and Management:** ThingWorx combina el Internet de las Cosas con IA para proporcionar una solución completa de gestión y monitoreo de activos.
- **AspenTech aspenONE Asset Performance Management:** AspenTech ofrece soluciones de IA para predecir el comportamiento de los activos y optimizar los procesos de mantenimiento y operaciones.
- **Honeywell Forge Asset Performance Management:** Esta plataforma utiliza IA para mejorar la eficiencia operativa de los activos, ofreciendo soluciones de mantenimiento predictivo y optimización de procesos.

2.5. Casos de estudio y ejemplos reales



XXVI CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

24 AL 26 DE ABRIL DE 2024. Bogotá - Colombia



Actualmente se puede hacer cualquier tipo de análisis con IA, para este caso nos basaremos en tres escenarios hipotéticos en los cuales le pediremos a la aplicación ChatGPT-4, los desarrolle.

Los tres escenarios serán: un análisis del costo del ciclo de vida de un activo, aplicación de un RCM para un equipo y la elaboración desde cero de un plan de mantenimiento optimizado para un equipo.

Es importante recalcar que muchos sistemas y software embebidos tanto para la gestión del mantenimiento como para la automatización de equipos y edificios, cuentan ya con aplicativos IA trabajando dentro de sus desarrollos, como en el caso de Maximo que tiene disponible la plataforma IA conocida como Watson, o incluso el de SAP llamado Joule o SAP Copilot.

El uso de la mayor parte de estas herramientas es licenciado, razón por la cual nos centraremos en el uso de una herramienta que sea accesible de manera gratuita o a un bajo costo para la mayor parte de los profesionales de ingeniería, como lo es ChatGPT.

Además, para efectos del presente trabajo y con el fin de cumplir con los requisitos del documento, se mostrarán los datos más relevantes de la conversación con la IA.

2.5.1. ACCV para la toma de decisión de adquirir un vehículo.

Tenemos que tomar una decisión para escoger una camioneta para una empresa de consultoría e integradores de mantenimiento. Las tres opciones que se tienen son:

- Toyota Hilux, modelo 2023, motor diésel
- Ford Raptor, modelo 2023, motor diésel
- Ram, modelo 2023, motor diésel

Así que le planteamos a dicha IA, la siguiente pregunta:

- **David:** Haz de cuenta que sos un ingeniero experto en ingeniería de mantenimiento y confiabilidad y gestión de activos. Requiero que me hagas un ejemplo completo de un análisis del costo del ciclo de vida, para tomar la decisión si compro una camioneta Raptor modelo 2023, Hilux 2023 y RAM 2023. No tengo más datos así que por favor tómalos de tu base de datos de los valores promedio del mercado.
- **ChatGPT:** Por ejemplo, si consideramos un período de 5 años y suponemos los siguientes costos hipotéticos (todos los valores son ilustrativos):
 - o Costo Inicial: Raptor \$60,000, Hilux \$50,000, RAM \$55,000.
 - o Consumo de Combustible: Raptor 15 mpg, Hilux 20 mpg, RAM 17 mpg.
 - o Costo del Combustible: \$3.50 por galón.
 - o Mantenimiento y Reparaciones: Raptor \$1,500/año, Hilux \$1,200/año, RAM \$1,400/año.
 - o Seguro: Raptor \$1,200/año, Hilux \$1,000/año, RAM \$1,100/año.
 - o Valor de Reventa: Raptor \$30,000, Hilux \$35,000, RAM \$32,000.
 - o Tasa de Descuento: 5%.

Vamos a suponer un kilometraje anual de 24.140 Km para cada vehículo. Ahora procederé con los cálculos.

Basado en los cálculos con los datos hipotéticos proporcionados, los costos totales del ciclo de vida (considerando un período de 5 años) para cada vehículo son:

Raptor 2023: \$67,494.22

Hilux 2023: \$46,701.58



XXVI CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

24 AL 26 DE ABRIL DE 2024. Bogotá - Colombia



RAM 2023: \$57,868.34

Duración: 5 minutos, en realidad la IA responde en segundos, se tarda más en escribir las preguntas, y por supuesto leer y analizar las respuestas.

2.5.2. Aplicación RCM para un activo

Este escenario se trata de elaborar un análisis RCM, para un Resonador Magnético que estará ubicado en el Hospital Tony Facio en la provincia de Limón, Costa Rica. El equipo tiene un año de uso y ha estado dando problemas por fallas de comunicación.

Así que le planteamos a la IA, la siguiente pregunta:

- **David:** Haz de cuenta que sos un ingeniero experto en equipo médico y con estudios avanzados en ingeniería de confiabilidad. Por favor elabora un análisis RCM, para un Resonador Magnético que estará ubicado en el Hospital Tony Facio en la provincia de Limón, Costa Rica. El equipo tiene un año de uso y ha estado dando problemas por falla en la comunicación. El Resonador es Marca Siemens Magnetom Sola de 1,5 Tesla.

Por favor hazme un análisis completo de RCM basándote en un FMECA, muestra los datos y las valoraciones de los riesgos en una tabla.

- **ChatGPT:** el chat hace un repaso de los requisitos y la estructura necesaria que se ocupa para hacer un análisis de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

Después de dar varias indicaciones para que variara la estructura de la tabla, obtuvimos el resultado del RCM, el cual se puede apreciar en el Anexo 1, del presente trabajo. Por un tema del formato del documento, es imposible presentar la tabla por acá

Duración: 25 minutos, en realidad la IA responde en segundos, se tarda un poco más ya que requería plantear de mejor manera las preguntas aunado al tiempo para leer y analizar las respuestas

2.5.3. Elaboración de un plan de mantenimiento para un activo

Este escenario se trata de elaborar un Plan de Mantenimiento para el equipo del ejemplo anterior. Tomando como base el análisis RCM desarrollado.

Así que le planteamos a la IA, la siguiente pregunta:

- **David:** A partir de este análisis y tomando en consideración los datos e históricos de fallas del fabricante, hazme un plan de mantenimiento optimizado con las distintas frecuencias necesarias, en donde se detalle sobre las acciones que se deban de efectuar en cada una de las intervenciones de mantenimiento. Debes tomar en consideración que este equipo opera de 6 am a 6pm de lunes a sábado.
- **ChatGPT:** Para crear un plan de mantenimiento optimizado para el resonador magnético Siemens Magnetom Sola de 1,5 Tesla, basado en el análisis RCM y los datos históricos de fallas proporcionados por el fabricante, consideraremos la operación del equipo de 6 am a 6 pm de lunes a sábado. El plan se enfocará en las acciones específicas de mantenimiento a realizar, detallando la frecuencia y el tipo de intervención necesaria para cada modo de falla identificado.

Ver Plan completo en Anexo 2.

3. No es ciencia ficción (el futuro de la IA y la humanidad)



XXVI CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

24 AL 26 DE ABRIL DE 2024. Bogotá - Colombia



Para estos momentos, después de haber investigado de tantas fuentes temas relacionados a las IA y la robótica, estoy mucho más convencido de que está por venir un cambio radical en la forma en que el mundo está concebido.

Desde que se funden los primeros asentamientos humanos en Marte o en otras partes del universo, a alargar la vida del ser humano, acabar con el hambre y las enfermedades, entre otras.

3.1. Hay una decisión qué tomar, qué rumbo le queremos dar a la IA

La IA y la robótica llegará un momento que satisfarán todas las necesidades del ser humano, y es que lo que le da valor a los productos o cosas que se consumen en el mundo son las horas hombre de las personas que trabajan en toda la cadena productiva desde los insumos hasta el producto final.

Evidentemente esto provocará cambios enormes, que afectará (positiva o negativamente en algunos casos) los sistemas sociopolíticos y económicos, en general el orden de las cosas en nuestra sociedad.

Existen muchas interrogantes; ¿Cómo evolucionarán estas máquinas?, ¿Quién las controlará?, ¿Qué potestades tendrán sobre la sociedad?

Con este panorama, al ser humano solo le queda una opción, la cual es controlar con rigor todos los desarrollos, hoy más que nunca se requieren de postulados éticos, que sirva como marco de referencia para demarcar como debe evolucionar toda esta tecnología.

Tenemos dos opciones: mejoramos como civilización y alcanzamos niveles de desarrollo y evolución desproporcionados o nos autodestruimos.

3.2. El futuro de la IA (mi visión personal)

La IA y la robótica cada vez estará más integrada en la sociedad, no es un asunto de automatizar o darle autonomía a la producción a nivel mundial. Desde líneas de producción totalmente autónomas a que cada hogar en el mundo contará con “esperancitas” (Robot barredor y limpiador de pisos) y hasta impresoras 3D, en donde podremos producir nuestros propios alimentos o vestimenta.

Lo que sigue es algo muy potente, veremos como cada vez más este tipo de tecnología estará integrada en nuestro día a día, más de lo que ya estaba.

Para los próximos dos años, el “boom” será que las IA comenzarán a estar integradas en aplicaciones y situaciones muy cotidianas del ser humano, como por ejemplo: celulares, automóviles, Word, Excel, agendas, AutoCAD, los CMMS, EAM’s entre otros. Es decir, no necesitaremos una interfaz externa a todas estas soluciones, sino que dentro de ellas se podrán hacer preguntas y generar instrucciones que van a facilitar el trabajo.

Se imaginan poder estar en SAP – PM y que la IA de SAP te pueda optimizar planes de mantenimiento dándole una simple instrucción por medio de un chat, o poder generar informes o generar indicadores, hacer ACR (análisis de causa raíz). Bueno esto cada día será más común.

Muy probablemente a nivel energético habrá grandes avances, algún descubrimiento de como generar, transmitir y almacenar energía de forma más sustentable y eficiente aparecerá en el tiempo y con ello se revolucionaría toda esta área de la ingeniería, desapareciendo grandes redes de transmisión, plantas hidroeléctricas y nucleares, entre otras. Ya bien lo dijo Einstein: “Todo es energía y eso es todo lo que hay”



XXVI CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

24 AL 26 DE ABRIL DE 2024. Bogotá - Colombia



Analizando este tema para las próximas décadas (de 20 años en adelante), preveo cambios más radicales, como la erradicación de enfermedades, el hambre y el trabajo como actualmente lo conocemos. Debido a que toda lo que necesitamos lo proporcionará la IA integrada en los robots, habrá muy poco o casi ningún puesto de trabajo, es ahí donde los líderes del mundo tendrán que repensar los mercados y el sistema económico.

Para resolver este problema, muy probablemente se tendrá que idear un tipo de concepto de divisa para sobrevivir, que algunos personajes como Elon Musk han acuñado como “Renta Básica Universal”; el cual consistirá en un aporte del estado o lo que sea que nos gobierne para subsistir.

Como dato importante sobre el trabajo, es que su raíz etimológica proviene del latín “tripalium”, el cual era un instrumento de tortura en tiempos del imperio romano. Posteriormente se inició a utilizar de forma metafórica para referirse a tareas arduas y penosas. Por lo cual, no veo con malos ojos que el trabajo como concepto desaparezca.

Bueno, y ¿qué hará el ser humano?, vivirá de sus dones, de lo que realmente le apasiona, así sea el mejor o el peor, porque viviremos para disfrutar de este camino no para intercambiar horas por unas monedas. De igual forma, estas habilidades estarán potenciadas por el surgimiento de algún tipo de tecnología que nos ayudará a aprender mucho más rápido, o quizá ya no se llame aprender sino será más bien como una transferencia de datos.

Por otro lado, visualizó que la vida fuera de la tierra será una completa realidad, ya sea en satélites, planetas artificiales, o en algún otro planeta que se adapte o nos adaptemos a su ecosistema. Pero creo que para ver esto se necesitarán más de 20 años, quizá 50.

A través de la historia, la tecnología ha sido caprichosa, hace 64 años que llego el primer

hombre a la luna, y en ese momento se creyó que la carrera espacial de las distintas potencias nos iba a llevar lejos en poco tiempo. Pues ya sabemos que no fue así, porque a partir de ese viaje apenas en seis ocasiones más la NASA lo logró. Después de esto 4 países más incluido a Japón, quienes el pasado 20 de enero enviaron una misión no tripulada con éxito.

Por último, Nos encontramos al borde de un futuro inexplorado, un viaje emocionante y misterioso en el corazón de la innovación y el progreso. La transformación que estamos presenciando en el campo de la inteligencia artificial no es solo un cambio tecnológico, sino una revolución en nuestra forma de vivir y pensar. En esta era de descubrimientos sin precedentes, cada paso adelante nos lleva a nuevas incógnitas, desafiando nuestra imaginación y despertando un sentido de asombro ante lo desconocido.

3.3.El futuro de la gestión de activos y la gestión del mantenimiento (La era de las máquinas)

La IA permitirá una automatización y autonomía casi completa de los sistemas y equipos. Los sistemas y máquinas serán capaces de auto-predecir fallos y necesidades de mantenimiento antes de que ocurran, lo que permitirá una planificación más eficiente y una reducción significativa en tiempos de inactividad, y como se mencionó anteriormente, el surgimiento de una estrategia de mantenimiento “Zero fallas”.

Por su parte, el tema de la data avanzará de tal manera que la recopilación y análisis de datos será en tiempo real. Esto permitirá una visión holística del rendimiento de los activos, donde la IA analizará tendencias y patrones para optimizar continuamente el rendimiento y la eficiencia de los activos. En otras palabras, los activos podrían ser mejorados constantemente, alargando su tiempo de vida útil.



XXVI CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

24 AL 26 DE ABRIL DE 2024. Bogotá - Colombia



Los activos serán más eficientes y duraderos, facilitarán la transición hacia operaciones más sostenibles y eficientes en todos los sentidos, optimizando el uso de recursos y reduciendo el desperdicio.

Por consiguiente, poco a poco las labores operativas y tediosas como analizar y procesar datos irán necesitando cada vez menos al ser humano; en el entendido que los expertos deben proveer de nuevos y más eficientes algoritmos; o incluso convirtiéndose en expertos que supervisan los análisis, algoritmos, cálculos y operaciones que haga la IA y robótica.

3.4. Los nuevos roles de los Ingenieros

A continuación, se presentarán algunos roles nuevos que se vislumbra tendrán los ingenieros de mantenimiento y gestión de activos a mediano y corto plazo. Recordando, que el futuro y el desarrollo tecnológico no es algo que se pueda dar por sentado, ya que un simple descubrimiento puede cambiar totalmente el panorama de las cosas:

- **Mantenimiento y supervisión de la IA y robots:** a pesar de que los robots pueden ser autónomos en ciertos aspectos, aún necesitan mantenimiento, reparación y supervisión por parte de ingenieros especializados. Los ingenieros de mantenimiento jugarán un papel fundamental en la identificación y solución de problemas técnicos, actualizaciones de software, y asegurarán que los robots y sistemas de IA funcionen de manera óptima.
- **Optimización y mejora continua:** Los ingenieros seguirán siendo responsables de mejorar y optimizar los sistemas de IA y robóticos para aumentar su eficiencia, precisión y seguridad. Esto implica la identificación de áreas de mejora, la implementación de nuevas tecnologías, y la adaptación de los sistemas a los cambios en los

procesos de producción y en la sociedad en general.

- **Diseño y desarrollo de nuevas tecnologías:** Los ingenieros desempeñarán un papel clave en el diseño y desarrollo de nuevas tecnologías de IA y robótica. Su conocimiento y experiencia serán fundamentales para crear sistemas más avanzados y sofisticados que puedan mejorar la producción y la eficiencia.
- **Gestión estratégica de activos:** Los ingenieros especializados en gestión de activos seguirán siendo esenciales para supervisar y administrar los recursos físicos y tecnológicos de una empresa. Utilizarán herramientas de IA para optimizar la gestión de activos, controlar el desgaste, prever y programar mantenimientos preventivos, y maximizar la vida útil de los equipos.
- **Adaptación y aprendizaje continuo:** Los ingenieros tendrán que adaptarse constantemente a los avances tecnológicos y a los cambios en el panorama industrial. Esto implica un aprendizaje continuo para mantenerse actualizados con las últimas tendencias, herramientas y metodologías en IA, robótica y gestión de activos.

4. Obstáculos y oportunidades

A pesar de lo esperanzador que puede resultar imaginar un futuro brillante para la humanidad, como resultado de avances en la ciencia y la tecnología; será trascendental que el ser humano se prepare y vaya discutiendo poco a poco todos los desafíos, oportunidades y posibles amenazas que la humanidad enfrentará a futuro.

4.1. ¿Cómo vencer el escepticismo y la paranoia?

Como seres humanos a lo largo de la historia hemos tenido una gran afinidad sobre temas apocalípticos. Por esto, películas como Terminator, Matrix, Resident Evil, tuvieron tanto éxito.



XXVI CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

24 AL 26 DE ABRIL DE 2024. Bogotá - Colombia



Para vencer la paranoia y el escepticismo que muchas personas sienten frente al avance exponencial de la IA y la robótica; se pueden desplegar acciones desde los gobiernos y a nivel individual; la humanidad debe formular una serie de estrategias que ayuden a mitigar los efectos negativos y el miedo a lo que va pasar.

Desde mi perspectiva y análisis, estas serían las estrategias que tanto gobiernos como cada persona podría implementar:

- **Educación y conocimiento:** educarnos e involucrarnos en conocer, comprender y manejar estas nuevas tecnologías empoderaría mucho a la sociedad a asimilar los cambios que se avecinan. Esto iría desde la responsabilidad personal en educarnos, hasta de los propios gobiernos, empresas y sistemas de educación que ofrezcan conocimiento gratuito, a bajo costo o integrado dentro de la malla de estudios convencionales.
- **Gestión del cambio:** estados, grandes corporaciones y demás involucrados, deben desplegar a nivel mundial una estrategia de gestión del cambio masiva, con el objetivo de preparar a la sociedad en los cambios venideros, sobre todo los que tienen que ver con la desaparición y transformación de puestos de trabajo.
- **Transparencia y comunicación:** este es uno de los elementos fundamentales o pilares del marco de referencia de las normas ISO 55000, por lo que será vital que tanto desarrolladores, estados y científicos sean honestos con los desarrollos y sus alcances.
- **Regulación y Políticas Públicas:** aunado a lo anterior, se requiere de establecer marcos de referencia legales que regulen el desarrollo de las IA's y la robótica; sobre todo que busquen proteger a la sociedad, su bienestar y preservación.

- **Desarrollo Ético y Responsable:** Establecer y adherirse a estrictos estándares éticos en el desarrollo de IA y robótica. Esto incluye abordar cuestiones de sesgo, privacidad y seguridad. Siendo esto uno de los pilares de la nueva cultura que se creará.
- **Conformación de un ente internacional:** así como existe la ONU, OTAN, OMS, entre otras; se debe promover el surgimiento de una organización que lidere el tema, conformada por expertos de todas las naciones, los cuales a su vez deberán rendir cuentas ante la sociedad y líderes políticos.

4.2.Principales obstáculos (para los próximos cinco años)

Estamos ante una enorme encrucijada, ya que la inminente escalada de los sistemas autónomos, supone paradigmas y una gran crisis existencial; desde cual va ser el rol de los seres humanos cuando esta tecnología se apropie de todos los puestos de trabajo, hasta las potestades de las máquinas sobre la población, hasta quién contralará esta tecnología. Con base en esto, a continuación, una serie de obstáculos o desafíos importante que tiene la humanidad, para el desarrollo completo de estas tecnologías:

- **Desafíos Éticos y Sociales:** Cuestiones como la privacidad de datos, el sesgo en la IA, y el impacto en el empleo requieren una consideración cuidadosa y regulaciones adecuadas.
- **Brecha Tecnológica y de Habilidades:** La necesidad de educación y capacitación en nuevas tecnologías para evitar que se amplíe la brecha entre los que tienen acceso a estas tecnologías y los que no.
- **Seguridad y Vulnerabilidades:** A medida que la IA y la robótica se vuelven más integradas en la vida diaria, aumenta el riesgo de ciberataques y mal uso de estas tecnologías.



XXVI CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

24 AL 26 DE ABRIL DE 2024. Bogotá - Colombia



- **Limitaciones Técnicas Actuales:** A pesar del rápido avance, aún existen limitaciones en cuanto a comprensión contextual, emocional y de sentido común en la IA.
- **Desafíos de Integración:** La integración de soluciones de IA y robótica en sistemas y procesos existentes es compleja y costosa.
- **Cuestiones de Responsabilidad y Legislación:** Determinar la responsabilidad en caso de errores o daños causados por sistemas de IA y robots, y la creación de un marco legal adecuado.

4.3. La IA como una plataforma de bienestar y rentabilidad

El desarrollo tecnológico que está por venir abre un universo de oportunidades para mejorar la calidad de vida del ser humano, a continuación, se exponen cada una de las áreas que se consideran podrían a corto y mediano plazo verse mayormente beneficiadas con la IA:

- **Innovación en Industria:** La IA y la robótica tienen el potencial de revolucionar industrias como la salud, educación, transporte y energía, ofreciendo soluciones más eficientes y personalizadas. Y también áreas de conocimiento menos pensadas como el derecho o la política, se supone que una máquina podría tener mejor juicio que una persona a la cual puede ser sobornada, afectada emocionalmente o amenazada.
- **Mejora de la Eficiencia y Productividad:** Automatización y autonomía de IA y robots integradas en el desarrollo de tareas repetitivas, lo cual optimizará los procesos, aumentando significativamente la productividad y la eficiencia. Poco a poco habrá un surgimiento de costos 0 en la producción de productos y servicios.
- **Solución a Grandes Desafíos Globales:** El cambio climático, problemas ambientales, la

salud, erradicación de enfermedades, el hambre, el agua, energías renovables, asentamientos humanos fuera del planeta. la IA y la robótica pueden analizar grandes volúmenes de datos para encontrar soluciones innovadoras.

- **Desarrollo de Nuevos Mercados y Productos:** La IA y la robótica pueden crear industrias completamente nuevas y transformar las existentes, ofreciendo productos y servicios novedosos.
- **Mejora en la Toma de Decisiones:** Con análisis predictivos y generativos de gran alcance, la IA puede ayudar a tomar decisiones más informadas en negocios, política y vida cotidiana.
- **Educación y Formación Personalizada:** Sistemas de aprendizaje adaptativos que pueden proporcionar educación personalizada a escala global. Incluso los métodos de aprendizaje podrían mejorar mediante transferencia de datos, bien sabemos que las neuronas y todo lo relacionado al sistema nervioso trabaja por pequeños impulsos eléctricos. La neurociencia ayudada por la IA puede generar avances enorme en este tema. Ya de por si actualmente la IA nos permite ser más “inteligentes” y aprender de una manera más eficiente y confiable que hace 5 o 10 años atrás.

5. Conclusión

Si bien es cierto la IA existe desde hace mucho, por ejemplo, el buscador de Google es un tipo de IA; pero pasamos de que estas IA's nos referenciarán artículos y definiciones, las cuales muchas veces podrían no ser tan precisas; a la posibilidad de dar instrucciones y que esta nos materialice un resultado concreto que puede ser una imagen, un video o incluso un cálculo complejo.



XXVI CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

24 AL 26 DE ABRIL DE 2024. Bogotá - Colombia



El título del trabajo se escogió debido a que se considera que la IA aporta una robustez y propiedad a los desarrollos de ingeniería que se hagan, logrando cosas inimaginables. Por un lado, mitiga o prácticamente elimina el error humano, nos facilita las tareas enormemente.

Tareas o decisiones que se debían de tomar basados en subjetividades, ahora estarán respaldadas por sistemas super inteligentes, los cuales son y serán recursos maravillosos para que el ser humano evolucione en todas las áreas de la existencia.

La IA es eslabón perdido de la GA y Mtto, ya que permitirá cosas impensadas, como implementar estrategias de Mtto “Zero fallas”, le facilitará la vida al ser humano, hará que la gestión de las empresas sea informada, eficiente. Con esto se eliminarán la mayor parte de problemas que se encuentran en la industria y que todas se resumen en máxima rentabilidad o pérdidas económicas.

Sin esta tecnología integrada en los procesos, activos físicos y sistemas de información, es imposible desplegar u ofrecer sistemas de gestión de mantenimiento y de activos perfectos.

Evidentemente nos falta mucho, de hecho, que para mantenimiento no existe aún un tipo de inteligencia o “GPT” específica, pero estamos a poco de que esto sea una realidad. Dicho sea de paso, al menos ChatGPT, a la fecha no es 100% precisa y genera resultados óptimos; depende mucho de los “prompts” o instrucciones y que existen algunos temas como el de ingeniería de confiabilidad que no está tan desarrollado.

Por otra parte, en el corto o mediano plazo los ingenieros seguirán teniendo un papel trascendental en el diseño, desarrollo, mejora y supervisión de estos sistemas inteligentes; es muy probable que el avance de esta tecnología conlleve a la desaparición, disminución o transformación de

muchos puestos de trabajo. Esto supone una enorme paradoja para la humanidad, la cual solo podrá ser afrontada con optimismo, cautela y altos valores morales y éticos; y por qué no, con un gran amor y deseo de evolución para la raza humana.

De igual manera, es importante resaltar que en la actualidad la IA depende totalmente del ser humano, en otras palabras, aún no son autónomas ni consciente (al menos a abril de 2023, según chat GPT) y pienso que no debería serlo nunca, siempre debería estar sometidas a la voluntad humana y deberían de trabajar fielmente bajo la instrucción humana.

Por último, citando una vez más a uno de los científicos más célebres e inspiradores, como lo fue Albert Einstein, en algún momento dijo:

“Si no puedes explicarlo de manera sencilla, no lo entiendes lo suficientemente bien.”

En este sentido, espero que el presente trabajo impacte de una forma precisa a cada lector y posteriormente a cada persona que presencie dicha ponencia.

Bibliografía

OpenAI. (2024). Comunicación personal a través de ChatGPT.

David Arroyo Oconitrillo: ingeniero electromecánico, con grado de licenciatura. Experto en gestión de activos e ingeniería de mantenimiento. Ha trabajado 19 años en el Seguro Social de Costa Rica, siempre ligado a temas de ingeniería. Fue técnico, Supervisor, Jefe de Ingeniería y Mantenimiento y actualmente desde hace 10 años trabaja en la Dirección de Mantenimiento Institucional, donde ha desarrollado normas, guías, investigaciones y asesorías para mejorar la gestión de activos y de



XXVI CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

24 AL 26 DE ABRIL DE 2024. Bogotá - Colombia



mantenimiento en la Caja Costarricense del Seguro Social. Tiene conocimientos en SAP, tanto a nivel de su configuración como usuario experto y capacitación en el uso de dicho sistema.

También es miembro activo del comité internacional TC-251 de gestión de activos y presidente del comité de Gestión de Activos CTN 51 de Costa Rica.

Nombre del autor: David Arroyo Oconitrillo

1. Teléfono:

- a. Residencia: No aplica
- b. Oficina: No aplica
- c. Celular: +506-8727-0237

Dirección

- d. Residencia: La Ribera, Belén, Heredia, Costa Rica.
- e. Oficina: Av. segunda entre calles 5 y 7, San José, Costa Rica.
- f. E mail: darroyo@ccss.sa.cr
davidarroyo91@gmail.com
- g. Ciudad: San José
- h. País: Costa Rica



XXVI CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

24 AL 26 DE ABRIL DE 2024. Bogotá - Colombia



ANEXO 1. RCM apartado 2.4.2

Función del Equipo	Modo de Falla	Mecanismos de Falla	Causas de Falla	Efectos Potenciales	Probabilidad	Severidad	Detectabilidad	RPN	Estrategias Preventivas
Generar imágenes de resonancia magnética	Falla en la comunicación	Interferencia electromagnética	Fallos en hardware/software	Interrupciones, diagnósticos incorrectos	6	9	4	216	Revisión y prueba de sistemas de comunicación, capacitación
Mantener condiciones operativas seguras	Sobrecalentamiento del sistema	Fallo en el sistema de refrigeración	Falta de mantenimiento	Daño al equipo, riesgo de seguridad	4	8	5	160	Mantenimiento regular del sistema de refrigeración, monitoreo
Procesar y entregar datos precisos	Errores de software	Bugs	Incompatibilidad de actualizaciones	Imágenes incorrectas, diagnósticos erróneos	5	10	5	250	Actualizaciones de software, pruebas funcionales
Emitir señales de RF coherentes	Fallo del sistema de RF	Desgaste de componentes	Fallos eléctricos	Calidad de imagen pobre, diagnósticos erróneos	3	7	6	126	Inspecciones, calibraciones del sistema de RF
Alinear campos magnéticos	Desalineación del imán	Vibraciones	Desajustes mecánicos	Imágenes distorsionadas, inexactas	2	8	3	48	Verificaciones y ajustes de alineación
Crear gradientes magnéticos precisos	Falla en el sistema de gradiente	Fallos electrónicos	Desgaste mecánico	Distorsión espacial en imágenes	4	9	4	144	Mantenimiento y calibraciones del sistema de gradiente
Operar de manera continua y eficiente	Desgaste mecánico de componentes	Uso continuo	Falta de lubricación	Interrupciones, mantenimiento inesperado	5	6	5	150	Inspección y mantenimiento regular de partes mecánicas
Funcionar de manera estable y confiable	Fallas eléctricas	Problemas en el suministro	Fallos de componentes	Apagados inesperados, daño a componentes	3	10	4	120	Mantenimiento de conexiones y sistemas UPS



XXVI CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

24 AL 26 DE ABRIL DE 2024. Bogotá - Colombia



ANEXO 1. Plan de Mantenimiento apartado 2.4.3

Plan de Mantenimiento Optimizado:

1. Mantenimiento Diario (Lunes a Sábado):
 - Inspección Visual: Revisar el estado general del equipo, detectar señales de sobrecalentamiento, ruidos inusuales, olores extraños.
 - Chequeo de Sistemas de Comunicación: Verificar la estabilidad y la funcionalidad de las conexiones de comunicación.
 - Revisión de Alertas del Sistema: Verificar y registrar cualquier alerta o mensaje de error del sistema.
2. Mantenimiento Semanal:
 - Limpieza de Componentes: Limpiar filtros de aire, ventiladores y áreas accesibles para evitar sobrecalentamiento.
 - Pruebas de Funcionamiento del Software: Realizar pruebas de diagnóstico para detectar errores de software.
 - Chequeo de Sistemas de RF y Gradientes: Revisar la operatividad y coherencia de señales.
3. Mantenimiento Mensual:
 - Calibración de RF y Sistema de Gradientes: Ajustar y calibrar estos sistemas para asegurar la calidad de imagen.
 - Inspección de Conexiones Eléctricas: Revisar y asegurar todas las conexiones eléctricas.
4. Mantenimiento Trimestral:
 - Revisión del Sistema de Refrigeración: Mantenimiento completo del sistema de refrigeración.
 - Actualización de Software: Instalar actualizaciones de software proporcionadas por el fabricante.
 - Pruebas de Interferencia Electromagnética: Realizar pruebas para detectar y mitigar posibles interferencias.
5. Mantenimiento Semestral:
 - Calibración del Imán: Revisar y ajustar la alineación del imán para garantizar la precisión de las imágenes.
 - Inspección Detallada de Componentes Mecánicos: Revisar y reemplazar componentes desgastados si es necesario.
6. Mantenimiento Anual:
 - Revisión Integral del Equipo: Realizar una inspección y mantenimiento profundo de todos los componentes.
 - Pruebas de Rendimiento del Sistema: Evaluar el rendimiento general y compararlo con las especificaciones del fabricante.
 - Revisión de Sistemas UPS y Suministro Eléctrico: Asegurar la funcionalidad óptima de los sistemas de respaldo de energía.

Consideraciones Adicionales:



XXVI CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

24 AL 26 DE ABRIL DE 2024. Bogotá - Colombia



- **Documentación y Registro:** Mantener un registro detallado de todas las actividades de mantenimiento, incluyendo cualquier anomalía o cambio realizado.
- **Capacitación Continua:** El personal de mantenimiento debe recibir formación regular sobre los últimos procedimientos y actualizaciones del equipo.
- **Flexibilidad en el Plan:** Este plan debe ser flexible y capaz de adaptarse a las recomendaciones actualizadas del fabricante y a los patrones cambiantes de fallas observados.