Development of a preventive maintenance plan for Natura's production plant to improve production times and reduce downtime by predicting equipment failures

Jose Gabriel Pina

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment

of the requirements for the

Degree of

Master of Science in Data Analytics

Diagram

Description automatically generated with medium confidence

September 2024

Supervisor: Taufique Ahmed

# Introduction

# En este estudio me basare en la información de mantenimiento de la planta de producción del grupo Natura en la ciudad de Buenos Aires, para determinar mediante el análisis de datos si el plan de mantenimiento que se esta utilizando actualmente es el adecuado para las instalaciones y cubre las necesidades de la maquinaria utilizada, o si por el contrario el mismo debe ser adaptado y podría mediante cambios mejorar la productividad de la planta, mediante la disminución de tiempos caídos y demoras por mantenimientos correctivos que derivan de una mala planificación en los mantenimientos preventivos.

Para esto utilizaremos distintos modelos para la predicción de datos a fin de comparar los resultados y poder determinar cual es el que mejor se adapta a las necesidades de la fábrica en función a los datos con los que se cuenta y la relevancia de estos a la hora de realizar las predicciones. Dentro del análisis de datos utilizare 5 modelos de predicción (Random Forrerst, Logistic Regression, Decision Tree, support vector machine y Redes neuronales) los cuales elegí basándome en las características de lo que cada uno podía aportar a la investigación teniendo en cuenta las ventajas y desventajas de cada uno, aspecto que profundizare mas adelante con el desarrollo de la investigación

Vale la pena destacar que elegí abordar mi investigación desde la consigna de que mi problema es un problema de clasificación, en el cual la duración de las paradas así como los tiempos de trabajo de cada maquina me ayudaron a determinar y diferenciar entre fallas que generan tiempos caídos y paradas de mantenimiento que aunque se encuentran en los datos, pueden ser paradas programadas o de ajustes menores que no deberían ser contabilizadas para la empresa como una falla o deficiencia en el mantenimiento.

Los hallazgos de este estudio podrían influir en la adopción de nuevas estrategias para el mantenimiento predictivo contribuyendo a una producción mas sostenible y eficiente ya que una gestión ineficaz del mantenimiento puede resultar en paradas no planificadas y prolongadas, lo que afecta la capacidad de una planta para cumplir con los plazos de producción y mantener los niveles de inventario necesarios. En contraste, el mantenimiento predictivo permite anticipar y prevenir fallas antes de que ocurran, minimizando el tiempo de inactividad y asegurando una operación continua y eficiente, lo que significa no solo proteger sus activos, sino también garantizar que sus productos lleguen al mercado de manera oportuna.

# Contexto y Justificación:

La planta de producción de Avon en Moreno, inaugurada en 1977, es fundamental para la compañía en Argentina y la región de Sudamérica que esta es la encargada de cubrir el 70% de la demanda interna del país, y por otro lado también abastece parte de los mercados en Chile, Uruguay y Paraguay. En esta planta se producen más de 400,000 productos diarios por lo que tener que lidiar con tiempos muertos representa un contratiempo que a priori debe ser minimizado al máximo a fi de poder cumplir con los plazos para los mercados tanto internos como externos. Como ya pudimos señalar esta planta forma parte de la estrategia global de Avon, tanto por capacidad como por ubicación geográfica. ahora desde principios del 2020 integrada en el grupo Natura &Co, se establecieron nuevos estándares de calidad para productos y fabricación que ayudaron a mejorar en el aspecto que nos compete y mostraron un cambio para reforzar el compromiso con la innovación, la sostenibilidad.

En la siguiente tabla, teniendo en cuenta los datos con los que cuento, se puede visualizar como ha sido la tendencia de las fallas a lo largo de los últimos 3 años, teniendo en cuenta que a este punto el personal de mantenimiento de la empresa Natura ya tenia dos años de gestión al momento del primer registro:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Year** | **2022** | **2023** | **2024** | **Total** |
| **Stop\_date count** | **7132** | **5879** | **1586** | **14597** |

Table 1 Registro de fallas por año

Teniendo en cuenta estos datos podemos grosso modo decir que la gestión ha sido buena desde el cambio de administración ya que podemos ver una disminución de las fallas con el pasar del tiempo, aunque esto es algo que como comento podemos visualizar con estos datos, aunque lo profundizaremos mas adelante a fin de poder determinar si hay alguna tendencia en los datos, ya sea por estacionalidad o por uso de las maquinas.

# Relevancia

Hoy en día con el correr del tiempo a medida que las industrias avanzan y se hacen mas agiles, estas se ven en la necesidad de adaptarse con el fin de mantenerse vigentes y tener impacto en la rama a la que pertenecen, debido a esto la mayoría están adoptando la idea de las industrias 4.0. Esta metodología representa la revolución en la manufactura, integrando tecnologías como la inteligencia artificial, el internet de las cosas (IoT) o el análisis de datos para la optimización de producción y mantenimiento, Según **(Lasi, et al., 2014),** la industria 4.0 impulsa la automatización y la toma de decisiones basada en los datos para mejorar la eficiencia y reducir los costos operativos. **(Ran, et al., 2019**)**,** defineel mantenimiento predictivo como una estrategia avanzada que, gracias a tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT), big data, y aprendizaje profundo (Deep Learning), permite predecir fallos y optimizar la gestión de activos. A diferencia de los métodos reactivos y preventivos, PdM minimiza las intervenciones innecesarias y reduce costos al realizar mantenimiento basado en la condición de los equipos, mejorando así la confiabilidad y eficiencia operativa.Además, **(Javaid, et al., 2022)** subrayan que los fabricantes se beneficiarían de soluciones de supervisión de máquinas, técnicas de mantenimiento predictivo y otras tecnologías operativas avanzadas que les ayudarán a minimizar el tiempo de inactividad, mejorar el rendimiento y reducir el coste global de producción de componentes de calidad.

Entonces con este entendimiento enfocamos esta investigación a la implementación de esta técnica predictiva de mantenimiento a fin de tratar de lograr los beneficios antes explicados teniendo en cuenta que también podría generar un beneficio en lo que se refiere al aspecto logístico, del control de espacios e inventarios para la orden y almacenamiento de piezas de repuesto por ejemplo

# Contribución

La principal contribución que busco con mi investigación es acercar un poco a Natura esta filosofía de Indistria 4.0 ya que hoy en día mas allá de la eficiencia que pueda tener su sistema de planificación, se encuentran un paso atrás en este aspecto ya que no utilizan ningún tipo de herramienta que se adapte a esta filosofía. Por el momento llevan registro en documentos de Excel y planifican los pasos del mantenimiento de una manera reactiva, teniendo en cuenta los tiempos de trabajo de las maquinas, se calcula la fiabilidad de los equipos y en base a los tiempos de trabajo y las tendencias de fallas se planifica el mantenimiento preventivo o ajuste de cada equipo según sea el caso y la necesidad.

Pero trabajar de esta forma, como ya lo comenté anteriormente no necesariamente explota la mayor eficiencia de los procesos y tiempo, ya que posiblemente se estén interviniendo equipos sin ser necesario o por otro lado en intervalos de tiempos que no son correctos y generan paradas innecesarias. Por este motivo y mediante el uso de modelos predictivos buscare aplicar estas nuevas tecnologías a los log de fallas que fueron proporcionados por ellos a fin de poder predecir las fallas y tomar acción a futuro para mejorar el rendimiento de la fabrica en caso de que esto sea posible

# Objetivos

En este estudio, abordoo los desafíos asociados con el tiempo de inactividad en las líneas de producción debido a fallas en los equipos. La predicción de fallas y la optimización de los procesos de mantenimiento son fundamentales para mejorar la eficiencia operativa y reducir los costos asociados en las fábricas. Según Richard D. Palmer (2015), en su libro *Maintenance Planning and Scheduling Handbook*, los costos de mantenimiento pueden oscilar entre el 5% y el 15% de los costos totales de producción, y en industrias altamente especializadas, estos costos pueden elevarse hasta un 30%. Esto resalta la importancia de implementar un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para minimizar los gastos y mejorar la eficiencia operativa. A continuación, se presentan los objetivos de esta investigación, orientados a desarrollar e implementar un modelo de pronóstico que permita maximizar la disponibilidad de los equipos y optimizar la gestión de recursos.

* 1. **Objetivo General**

Desarrollar un modelo de pronóstico basado en datos históricos de mantenimiento y rendimiento, que permita predecir fallas futuras en los equipos de producción, con el fin de reducir el tiempo de inactividad, optimizar los tiempos de mantenimiento y mejorar la eficiencia operativa en la planta de producción, mediante la optimización del plan de mantenimiento y la gestión de repuestos en caso de que esto aplique

* 1. **Objetivos Específicos**

**A fin de lograr el objetivo primario de mi investigación será indispensable lograr cumplir con los requerimientos de los siguientes objetivos ya que cada uno de ellos representa una parte importante para las mejoras que estoy planteando, a continuación, los explico y detallo a fin de brindar un poco mas de claridad a lo expresado:**

1. **Desarrollar un modelo de pronóstico de fallas:**
   * **Descripción:** Crear un modelo predictivo utilizando técnicas de machine learning que permita anticipar las fallas en los equipos con base en datos históricos, minimizando así las interrupciones en la producción.
   * **Justificación:** Este objetivo es crucial para evitar tiempos de inactividad no planificados, brindando una mayor efectividad en las ventanas de mantenimiento. Por otro lado, es importante resaltar como ya se nombró anteriormente, que serán utilizados diferentes modelos de predicción a fin poder comparar sus resultados y de esta manera elegir el que mejor se adapte a los requerimientos y por otro lado el que mejores resultados brinde al realizar las predicciones.
2. **Optimizar la gestión de repuestos y recursos:**
   * **Descripción:** Realizar recomendaciones para mejorar la administración de los repuestos y recursos necesarios para el mantenimiento mediante la integración del modelo predictivo en la planificación de inventarios y recursos humanos.
   * **Justificación:** Una gestión optimizada de los repuestos y recursos puede reducir los costos y mejorar la eficiencia operativa, al asegurar que los materiales y personal necesarios estén disponibles cuando se requieran. Realizar recomendaciones para este objetivo será mucho más fácil luego de determinar el modelo predictivo con el mejor desempeño ya que teniendo una visión mas clara de los resultados, ya que tomar decisiones o realizar recomendaciones es mucho más fácil una vez mostrados los resultados de la investigación
3. **Optimizar el plan de mantenimiento:**
   * **Descripción:** Desarrollar o mejorar el plan de mantenimiento existente mediante recomendaciones para que esté alineado con las necesidades reales de la planta, basándose en la criticidad de los equipos y en las predicciones del modelo.
   * **Justificación:** Un plan de mantenimiento optimizado reducirá las intervenciones innecesarias y asegurará que los recursos se asignen de manera efectiva, priorizando los equipos más críticos.

Como ya lo mencioné anteriormente el machine learning se enfoca en la creación de algoritmos y modelos capaces de aprender de los datos, permitiendo a las computadoras mejorar su desempeño en tareas específicas sin ser programadas de manera explícita. Estos sistemas identifican patrones en grandes volúmenes de datos, lo que les permite hacer predicciones o tomar decisiones basadas en experiencias pasadas. Como lo describen (Goodfellow, et al., 2016), "el aprendizaje automático está en el corazón de la revolución en la inteligencia artificial, facilitando el desarrollo de sistemas que pueden aprender a realizar tareas complejas como el reconocimiento de voz, la visión por computadora y la traducción automática".

Para Kassambara (2018), las dos categorıas de los metodos de Machine Learning son:

El aprendizaje no supervisado: donde el algoritmo se entrena utilizando conjuntos de datos que no tienen etiquetas, el objetivo principal de este tipo de aprendizaje es identificar patrones o estructuras en los datos sin ningún tipo de guía previa, en lugar de predecir una etiqueta el aprendizaje no supervisado ayuda a descubrir la erstructura de los datos. Un ejemplo de esto podría ser el clustering que ayuda a agrupar los conjuntos de datos basados en sus similitudes, como podrían ser por ejemplo clientes den un segmento de mercado o individuos que residen en la misma área.

El aprendizaje supervisado: el algoritmo se entrena utilizando un conjunto de datos etiquetados, lo que significa que cada ejemplo de entrenamiento está acompañado de una "etiqueta" o resultado deseado. El objetivo del algoritmo es aprender una función que mapee entradas a salidas correctas basándose en este conjunto de datos etiquetados. Una vez entrenado, el modelo puede hacer predicciones o clasificaciones sobre nuevos datos no etiquetados. Por ejemplo, en un problema de clasificación de imágenes, el algoritmo podría aprender a clasificar imágenes de gatos y perros si se le proporcionan muchas imágenes etiquetadas como "gato" o "perro".

En esta sección tomare la oportunidad para profundizar un poco en los algoritmos que utilice para entrenar mi modelo y adicionalmente realizar una comparación entre ellos a fin de poder acercar el motivo por el cual estos fueron seleccionados