



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**Mantenimiento basado en toma de decisiones multicriterio para
incrementar disponibilidad de equipos industriales en empresa de
servicios alimentarios**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Mecánico Electricista

AUTORES:

Chunga Lau, Jose Luis (orcid.org/0000-0002-6670-7944)
Velasquez Terrones, Frank Antony (orcid.org/0000-0002-2609-6229)

ASESOR:

Dr. Luján López, Jorge Eduardo (orcid.org/0000-0003-1208-1242)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas y Planes de Mantenimiento

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO – PERÚ

2022

Dedicatoria

Dedico cada parte de este trabajo de investigación con todo estima y amor a nuestras familias, nuestros padres, por su apoyo muchas veces constante, totalmente incondicional, sujetos de mucho compromiso con nuestra meta que fue encaminada con disciplina.

Agradecimiento

A Dios por ser mi guía de fe y esperanza en la superación de nuestras vidas, a mi querido asesor Jorge Luján por la guía y enseñanzas impartidas y a la universidad por toda la aventura estudiantil.

Nada de esto hubiera sido posible cada una de nuestras familias, padres hermanos (as). Este trabajo es el resultado de un sinfín de acontecimientos, que poco tuvieron que ver con lo académico, sino más bien, con lo laboral, lo familiar, pero que con el amor y pasión por querer lograr el proyecto dieron creciente resultado.

Al ver el resultado logrado con este ambicioso proyecto, solamente se me ocurre una palabra: ¡Sigamos al unisonó con los retos!

Índice de contenidos

Contenido

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	9
II. MARCO TEÓRICO.....	12
III. METODOLOGÍA.....	20
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	20
3.2. Variables y operacionalización.....	21
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	22
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	22
3.5. Procedimientos.....	22
3.6. Método de análisis de datos.....	23
3.7. Aspectos éticos.....	23
IV. RESULTADOS.....	24
V. DISCUSIÓN.....	34
VI. CONCLUSIONES.....	38
VII. RECOMENDACIONES.....	41
BIBLIOGRAFÍAS.....	42
ANEXOS.....	48

Índice de tablas

Tabla 1. Disponibilidad actual de los equipos industriales en una empresa de servicio alimentario _____	24
Tabla 2. Diseñar la estrategia de mantenimiento basado en toma de decisiones ___	25
Tabla 3. Plan de mantenimiento que basa en torno al análisis de toma de decisiones multicriterio _____	28
Tabla 4. Costo Beneficio de la implementación del Plan de Mantenimiento _____	32
Tabla 5. Matriz Operacionalización de la variable de la Toma de decisión Multicriterio _____	48
Tabla 6. Matriz Operacionalización de la variable Disponibilidad de Equipos _____	49
Tabla 7. Integrantes de la organización de mantenimiento, reparación y revisión (MRO) _____	52
Tabla 8. Método de suma ponderada para los equipos (WSM) _____	53
Tabla 9. Método de suma ponderada para el equipo en estudio (WSM) _____	56

Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Diseño pre experimental	20
Figura 2. Disponibilidad proyectada en el equipo industrial de Cámaras frigoríficas	33
Figura 3. Ordenamiento de la base de datos	50
Figura 4. Diagrama de flujo para la toma de decisiones multicriterio	51
Figura 5. Árbol de decisión Booleano de Cámara Frigorífica de congelación	52
Figura 6. Pronóstico de la disponibilidad con software Rstudio	57
Figura 7. Determinar la fiabilidad con el método de alpha de Cronbach	57
Figura 8. Proceso resumen del uso del programa Rstudio para el pronóstico de disponibilidad	58

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la implementación de mantenimiento basado en toma de decisiones multicriterio para incrementar la disponibilidad de equipos industriales en una empresa de servicios alimentarios de la empresa Cordón Blue.

Para lograr dicho objetivo se realizó un estudio cuantitativo del tipo aplicada, diseño preexperimental longitudinal y de alcance correlacional causal. La población estudiada, conformada por 8 equipos industriales, la muestra fue de 2 equipos y unidad de análisis 1 equipo en base al equipo de mayor criticidad por parada no planeada, cuya disponibilidad era del 92%. Se determinó con las fallas del activo una estrategia de análisis con la toma de decisiones multicriterio, basándose en los métodos de árbol de decisiones y el método de suma ponderada, para generar la implementación de un plan de mantenimiento preventivo, por consecuencia del incremento de la disponibilidad al 97% se evaluó el costo beneficio de implementar el plan el cual dio un resultado favorable de 18.14.

Se concluyó que al aplicar la toma de decisiones multicriterio nos permitió la decisión para implementar el plan de mantenimiento, resultando en el incremento de la disponibilidad del equipo

Palabras clave: Toma de decisión multicriterio, Disponibilidad, Costo beneficio, Plan de mantenimiento

Abstract

The objective of this research was to evaluate the implementation of maintenance based on multi-criteria decision making to increase the availability of industrial equipment in a food service company of the Cordon Blue company.

To achieve this objective, a quantitative study of the applied type, longitudinal pre-experimental design and causal correlational scope was carried out. The population studied, made up of 8 industrial teams, the sample was 2 teams and unit of analysis 1 team based on the most critical equipment due to unplanned stoppage, whose availability was 92%. An analysis strategy with multi-criteria decision making was determined with the asset failures, based on the decision tree methods and the weighted sum method, to generate the implementation of a preventive maintenance plan, as a consequence of the increase in the availability at 97%, the cost benefit of implementing the plan was evaluated, which gave a favorable result of 18.14.

It was concluded that applying multicriteria decision making allowed us the decision to implement the maintenance plan, resulting in increased equipment availability.

Keywords: Multicriteria decision making, Availability, Cost benefit, Maintenance plan

I. INTRODUCCIÓN

La categorización de los repuestos se convirtió en elemental para la administración del mantenimiento de una organización y para mejorar los métodos internos, técnicos y organizativos. El marco se fundamenta en la técnica multicriterio para la resolución de inconvenientes, junto con el proceso de jerarquía analítica, usando una escala difusa triangular (Ferreira et al., 2018).

Este es un inconveniente de toma de elecciones complejo ya que los criterios diversos y conflictivos tienen la posibilidad de ayudar a la evaluación. Las técnicas de análisis de decisión multicriterio (MCDA) evalúan la igualdad entre diversos criterios cuantitativos y cualitativos y facilitan la toma de elecciones complicadas (Abu Dabous et al., 2020).

La Unión Europea planea un nuevo programa para lograr la neutralidad climática para 2050. En ese contexto, el gobierno islandés planea prohibir nuevos registros de automóviles que funcionan con combustibles fósiles después de 2030 como parte de una estrategia para hacer que Islandia sea climáticamente neutral para 2040. El biogás se puede usar de manera directa en vehículos con motores de GNC, disminuyendo las emisiones de CO₂ en un 80%. En este trabajo se evaluaron numerosas alternativas de plantas de biogás, simuladas en averiguaciones previas, tomando en cuenta criterios tecno-económicos y del medio ambiente por medio de la adaptación de instrumentos de MCDA (Llano et al., 2021).

El escenario competitivo global actual y la creciente complejidad y automatización de equipos y sistemas exigen mejores resultados de la gestión del mantenimiento en las organizaciones. Ya que los recursos de mantenimiento son limitados, es importante priorizar las ocupaciones de mantenimiento para asignarlas correctamente y llevar a cabo con las metas de administración del mantenimiento. Frente a dichos retos, los procedimientos de toma de elecciones multicriterio (MCDM) se aplican habitualmente en las empresas para ayudar a la toma de elecciones. En este entorno, este artículo sugiere un procedimiento novedoso con base en el razonamiento para dictaminar un procedimiento de toma de elecciones multicriterio (MCDM) para priorizar las directivas de trabajo de mantenimiento de las centrales hidroeléctricas. (Silva et al., 2021).

La formulación del problema de investigación se planteó mediante la siguiente pregunta: ¿Cómo incrementar la disponibilidad de equipos industriales en una empresa de servicios alimentarios?, ¿Cuál es la disponibilidad actual de los equipos industriales en una empresa de servicio alimentario?, ¿Cuáles son las estrategias para implementar el plan de mantenimiento basado en toma de decisiones multicriterio? ¿Cómo implementar el plan de mantenimiento basado en toma de decisiones multicriterio?, ¿Cuál es la disponibilidad de los equipos industriales en una empresa del servicio alimentario posterior a la implementación de la propuesta?, ¿Cuál es el costo beneficio de la implementación de un plan mantenimiento basado en toma de decisiones multicriterio para equipos industriales en una empresa de servicios alimentarios?

Es común tener inconvenientes con los pozos de aguas subterráneas, debido a que las diligencias de mantenimiento tienen la posibilidad de interrumpir no solo la producción de agua sino además su repartición. Por consiguiente, este trabajo recomienda un modelo de decisión con base en un enfoque multicriterio para priorizar las ocupaciones de mantenimiento en los pozos de un sistema de abastecimiento de agua subterránea. Se muestra que el modelo ha predeterminado prioridades de administración que ayudan a tomar elecciones de mantenimiento (de Sousa Pereira y Morais, 2020).

La necesidad de evaluar tácticas de mantenimiento fundamentadas en pruebas de evaluación y laboratorio de toma de elecciones difusas (DEMATEL) y procesos de redes analíticas difusas (ANP) en la industria petroquímica. Diseño/metodología/enfoque: Este análisis sugiere un procedimiento de toma de elecciones multicriterio estructurado híbrido (MCDM) como una metodología organizada para contribuir a los tomadores de elecciones en el mantenimiento estratégico y se usa para la selección de la táctica de mantenimiento optimizada.(Aghaee et al., 2020).

El análisis de enfocarse hacia la toma de elecciones de criterios diversas (MCDM) para los procesos de mantenimiento operativo. Se basa en la identificación y evaluación de alternativas de elección para horizontes de tiempo cortos, abordando de esta forma inconvenientes que requieren ser resueltos tiempos mínimos. Para la

identificación de posibilidades de elección. Se ha desarrollado y verificado un instrumento de elección, que muestra la capacidad del enfoque para detectar y evaluar sistemáticamente los inconvenientes de toma de elecciones de mantenimiento operativo en unos pocos minutos (Dhanisetty, Verhagen y Curran, 2018).

Se ha realizado una indagación operativa, en la que la recolección de datos se ha basado en las fallas de las máquinas que componen la línea de producción, para luego hacer una indagación descriptiva, de carácter empírico y documental, apoyada en fuentes primarias y secundarias donde se estudiaron casos de eventos de seguridad y calidad, ocurridos en plantas similares de la misma organización, durante los dos últimos años. Esta metodología es usada para solucionar inconvenientes complicados que usan diversos criterios, en donde se necesita que quien analice el problema otorgue un grado preferido subjetivo con relación con el valor de cada criterio y que más adelante modifique un grado preferido de cada opción en funcionalidad a cada criterio, usando una escala de preferencias (González et al., [sin fecha])

Conforme a lo establecido, el objetivo general de la investigación es: evaluar la implementación de mantenimiento basado en toma de decisiones multicriterio para incrementar la disponibilidad de equipos industriales en una empresa de servicios alimentarios. Los objetivos específicos son: determinar la disponibilidad actual de los equipos industriales en una empresa de servicio alimentario, diseñar la estrategia de mantenimiento basado en toma de decisiones multicriterio, elaborar el plan de mantenimiento basado en toma de decisiones multicriterio, determinar el costo beneficio de la implementación de un plan mantenimiento basado en toma de decisiones multicriterio para un equipo industrial en la empresa de servicios alimentarios.

La hipótesis general planteada en el presente estudio expresa que el mantenimiento basado en la decisión multicriterio incide de manera significativa en incrementar la disponibilidad de equipos industriales en una empresa de servicios alimentarios.

II. MARCO TEÓRICO

En la investigación realizada a nivel internacional, se encontró a Syan y Ramsoobag (2019), quienes en su investigación desarrollaron estudio en el sector de la India. Su objetivo ha sido dar una mejor iniciativa de los puntos de los inconvenientes de mantenimiento basado en el apoyo del MCO (Optimización del Multicriterio) para esto se estudió con una verificación de 150 publicaciones en dicha aplicación. Para el estudio se aplicó la técnica MADM (Toma de decisiones de atributos múltiples). En esta investigación se encontró entender el enfoque general, los instrumentos y las técnicas correctas para intentar tales casos y valorar las fortalezas y debilidades para facilitar una toma de decisiones más positiva al elegir herramientas y técnicas correctas para llevar a cabo el proceso de mejora. Las últimas décadas han demostrado que existe una deriva de la mejora de criterio exclusivo en el mantenimiento y un requisito para MCO. Además, la infiltración de las preferencias de los tomadores de decisiones (DM) mientras se generan tales cambios dejará consideraciones de MCO de mantenimiento más capaces y efectivas.

En la investigación realizada a nivel internacional, se encontró a Maduekwe y Oke (2022), quienes en su investigación desarrollaron estudio en el sector de Nigeria. Cuyo objetivo es resolver estrategias de mantenimiento para la industria alimentaria que se refiere a los indicadores clave de rendimiento como causa de la poca disponibilidad de Maquinarias/Equipos, para esto se estudió un procesador de alimentos. Para él estudió se aplicó el Método Evaluación Basada en la Distancia de la Media (EDAS) y la frecuencia de fallas, cuya solución que necesita solo 2 medidas de la conveniencia de la opción (distancias positivas y negativas de la solución promedio). En esta investigación se encontró entender que este análisis inicia como un proyecto de mantenimiento para la industria alimentaria que se refiere a los indicadores clave de rendimiento como causa de la mala disponibilidad de conjuntos en la industria alimentaria. El método EDAS se utiliza como una herramienta de apoyo a la decisión multicriterio para el mantenimiento del sistema; el cual se usa para clasificar y elegir los índices claves de rendimiento como resoluciones alternativas usando los KPI como criterio.

En la investigación realizada a nivel internacional, se encontró a Wu, Liu y Nie

(2021), quienes en su investigación desarrollaron estudio en el sector de China. Cuyo objetivo es resolver formas de tratamiento, dividido en cinco categorías, incluida la toma de decisiones de criterios múltiples (MCDM), para esto se estudió en una maquinaria de las cuales se identificaron 19 modo y efectos de falla (FMEA). Para él estudió se aplicó el Método de FMEA. En esta investigación se encontró entender el mejor papel de control de calidad en productos o sistemas de construcción de niveles complicados, el estado presente de indagación de FMEA se examina a partir de la identificación del modo de falla, la evaluación de peligros y la aplicación de estándares industriales. Después, ordene el estado de la exploración de la evaluación de peligros desde 5 puntos: criterios de evaluación de componentes de peligro, expresión de crítica de evaluación de peligros, acuerdo de crítica de profesionales, suma de evaluación de opiniones de peligro y estudio de sensibilidad, y descubra los puntos de vista críticos y puntos de vista ciegos de indagación. En el futuro, la exploración académica debería colocarse a partir del punto de vista de las necesidades industriales para el mantenimiento, empeñarse por mejorar las deficiencias teóricas, usar las teorías interdisciplinarias avanzadas existentes para hacer la identificación y evaluación de FMEA inconvenientes de automatización, y prestar más atención a la aplicación de ordenadores y procesadores (PC) en el trabajo FMEA.

En la investigación realizada a nivel internacional, se encontró a Lima et al., (2019), quienes en su investigación desarrollaron estudio en el sector de Brasil. Cuyo objetivo es usar números de aprendizaje automático (ML): red bayesiana (BN) y análisis de relevancia de atributos (ARA), poniéndolos en marcha en Plataforma Weka, para documentar un grupo de información de falla del registro de acontecimientos de parte del instrumento, para esto se estudió en cuatro maquinas. Para él estudió se aplicó el Método Proceso Analítico Jerárquico (AHP). En esta investigación se encontró la selección de un plan de mantenimiento idóneo para cada equipo o sistema es una labor bastante compleja gracias a los esfuerzos en la recolección de datos, la variedad de elementos y sus funcionalidades, la enorme proporción de criterios que se tienen que tomar en consideración y su subjetividad. analizan la aplicación de la teoría de la toma de decisiones multicriterio del mantenimiento, con particular atención a la teoría de la utilidad multicriterio, para esto

se estudió en. Se vuelve al estimar qué criterios son más importantes y cuáles son los más influyentes en las elecciones a tomar. Con base en la necesidad de tomar elecciones complicadas en el entorno del mantenimiento industrial, donde el analista frecuentemente no posee iniciativa de qué criterios se tienen que priorizar. Proceso Analítico Jerárquico (AHP). Un instrumento de apoyo a la toma de elecciones sirve como una forma de gestionar el efecto de los criterios sobre las probables alternativas.

En la investigación realizada a nivel internacional, se encontró a Al-Khafaji, Mesheb y Jabbar Abraham (2019), quienes en su investigación desarrollaron estudio en el sector Brasil, cuyo objetivo es planificar acciones de mantenimiento en la línea de producción en un período de tiempo, estimado en base a información extraída del registro de eventos de la planta, considerando criterios conflictivos., para esto se estudió activos de equipos industriales, para el estudio se aplicó usando algoritmos de proceso de minería y se adiciona un modelo de decisión de criterios múltiples para estimar los intervalos de rendimiento de mantenimiento óptimos. En esta investigación se encontró que los planes de mantenimiento y las asignaciones financieras en la actualidad son consistentes con las especificaciones y regulaciones en general fundamentadas en la conjetura de que son probables las asignaciones enteras para el mantenimiento de cada una de las piezas y elementos del plan. Por consiguiente, es fundamental priorizar las ocupaciones de mantenimiento según su trascendencia y dedicar recursos financieros según estas prioridades para asegurar la continuación más eficiente del trabajo del plan. La toma de elecciones multicriterio (MCDM) es un procedimiento científico avanzado para llevar a cabo metodologías y herramientas de apoyo a la elección para solucionar diversas metas, fines en disidencia o inconvenientes de elección multicriterio.

En esta investigación realizada a nivel internacional, se encontraron a los autores (Liu y Su, 2018), quienes en su investigación desarrollaron estudios en el sector eólico de China, busco establecer un modelo de optimización del mantenimiento basado en el periodo de inspección desigual y reparación imperfecta considerando el requerimiento de espera para mejorar la disponibilidad del sistema, Para este estudio se realizó con una turbina eólica y tres componentes claves que por ende se utilizó un factor de reducción de edad para describir el efecto de reparación imperfecta. Se

obtuvo como resultados que el modelo de periodo desigual basado en disponibilidad puede actualizar el plan de mantenimiento. Se concluye que usando el modelo de optimización del mantenimiento mejora la disponibilidad del sistema.

En la investigación realizada a nivel internacional, se encontró a Shi y Xu (2019), quienes en su investigación desarrollaron estudios en el sector eléctrico de China, busca determinar el crecimiento de disponibilidad para sistemas reparables complicados a gran escala para esto se utilizó unidades de generación eléctrica y auxiliares de centrales eléctricas. Se introdujeron fórmulas de cálculo de coeficientes de mantenimiento, expresiones matemáticas para modelos generales de crecimiento de disponibilidad, formas de estimación y ajustes en la comprobación de los parámetros del modelo. Encontrando como resultados favorables los datos de disponibilidad y verificación de los equipos utilizados. Concluye que el modelo propuesto es importante para los equipos de potencia eléctrica.

En otra investigación realizada a nivel internacional, se encontró a Tsarouhas (2020), quienes en su investigación desarrollaron estudios en el sector industrial heladero de Grecia, cuyo objetivo fue mejorar la confiabilidad y la formulación de una mejor estrategia de mantenimiento empleando el reconocimiento de fallas en máquinas vitales, y como muestra probabilística se registró una base de datos históricos por un periodo de 12 meses mediante un análisis de Pareto, estadística descriptiva, tendencia y prueba de correlación serial de datos. Se obtuvo como resultados con los parámetros establecidos una maquina empacadora y el túnel congelador con las confiabilidades bajas, en la maquina exógena y la heladera junto al sistema de producción completa de encontraron las nefastas mantenibilidades. Se concluyó que de acuerdo con los índices RAM se calculó para cuantificar y aumentar el rendimiento de las máquinas para que los directores e ingenieros de producción puedan evaluar fácilmente los próximos acontecimiento y decisiones tomadas respecto a la función del sistema.

En esta investigación realiza a nivel internacional se encontró a los autores Galán Fernández et al., (2022), quienes en su investigación desarrollaron estudios en el sector de España, tuvo como objetivo general proponer y discutir un método practico para la planificación dinámica del mantenimiento en contexto de alta digitalización.

Como muestra de estudio se fundamenta la interpretación de los niveles de riesgo, que a su vez se utilizó el método práctico para la planificación dinámica del mantenimiento basado en evaluación dinámica de riesgos (DRA). Para el estudio se recopiló información y se vinculó los niveles de riesgo con la toma de decisiones de mantenimiento, finalmente se consideraron analizar los resultados del modelo para producir un descriptor predictivo que se utilizó como entrada para el subproceso de reglas de interpretación de eventos. Concluyo que la planificación de mantenimiento se está planteado debido a la digitalización, ya que es un escenario más complejo además requiere más formas sofisticadas para realizar la planificación de mantenimiento y la gestión adecuada de más datos.

La utilización de estudio de sistemas y mantenimiento preventivo en la industria de hoy se convierte en una necesidad debido a que se incrementa la disponibilidad de los conjuntos. Por medio de un modelo de construcción industrial, combinaremos 3 herramientas; Modelado técnica de diseño de análisis estructurado (SADT), la investigación análisis de modo de falla, efectos y criticidad (FMECA) y el diagrama de Pareto para llegar a un enfoque de mantenimiento óptimo que va a ser un instrumento de apoyo a la elección para reducir los precios de compostura y la época de inacción del sistema (Karoui y Lakhoua, 2021).

Fundamentalmente, una operación de mantenimiento se hace en un equipo industrial luego de una idealización programada que es dependiente de la vida eficaz promedio de este equipo (Tiempo medio entre fallos o Tiempo medio hasta el fallo). Empero inducen a una dificultad del sistema industrial provocada por las diversas conductas y medidas (Djeddi et al., 2022).

La maximización de la disponibilidad es una meta para cualquier organización pues la época de inacción de los conjuntos involucra elevados precios no productivos y, además, las paradas y reinicios anómalos acostumbran involucrar la pérdida de calidad del producto (Martins et al., 2021).

Este archivo recomienda un enfoque hacia la toma de elecciones de criterios diversas (MCDM) para los procesos de mantenimiento operativo. Esto aborda un vacío en la literatura, donde los procedimientos MCDM se proponen predominantemente para la toma de elecciones de mantenimiento estratégico.(Dhanisetty, Verhagen y

Curran, 2018).

Los vehículos automotores se forman por una gigantesca proporción de piezas, y la planeación de las ocupaciones de mantenimiento de las distintas piezas es una elección determinante que perjudica la fiabilidad del sistema, los precios de operación y los requisitos de capacidad de los proveedores de servicios. Recomendamos un procedimiento sistemático para decidir las piezas críticas que tienen que manejarse con mantenimiento preventivo (PM) adicional y elaborar planes alternativos de PM con diferentes niveles de precio y uso de capacidad (Guner, Sakar y Yet, 2021)

Este artículo muestra un modelo de estudio de funcionamiento para un sistema de flota de camiones en una mina a cielo abierto, tomando en cuenta las propiedades especiales de las flotas de acarreo. En dichos sistemas, la disponibilidad esperada de cada equipo y su capacidad operativa son las cambiantes primordiales para edificar una funcionalidad de rendimiento de flota universal (Kristjanpoller et al., 2020).

En cuanto a la variable de la disponibilidad en mantenimiento, se encontró algunos aportes de Cárcel Carrasco (2016) en el concepto funcional de Mantenimiento puede ser complementos de recursos que poseen por motivo lograr la implementación inmejorable del patrimonio beneficioso, conservándolos en el estado productivo competente. La finalidad fundamental de un plan de conservación es lograr la disponibilidad efectiva de la planta, hacerlo al menor coste viable, detectar los componentes o razones que dificultan a la técnica conseguir magnitud de disponibilidad especificados, plantear ocupaciones optimas direccionadas a conseguir la rentabilidad esperada, recomendar actividades de optimización continua de la disponibilidad y de sus componentes causales. Integrar la actividad y funcionalidad de mantenimiento con lo demás de funcionalidades que intervienen en el periodo de vida del sistema, evaluando su esperanza de vida y, de manera, la productividad por medio de la actualización de los flujos de efectivo. Además, aunque un ítem esté "en funcionamiento", puede estar no "disponible" sino funciona según con las especificaciones requeridas.

Se tiene también, la disponibilidad se formula como el tanto por ciento de tiempo en que el sistema está listo para operar o generar, esto en sistemas que operan siempre.

En la etapa de diseño de conjuntos o sistemas, se debería buscar la igualdad entre la disponibilidad y el precio. Dependiendo de la naturaleza de requisitos del sistema, el diseñador puede variar los niveles de disponibilidad, fiabilidad y mantenibilidad, de manera a reducir el precio total del periodo de vida. Expresando matemáticamente la disponibilidad $D(t)$, se puede definir como la relación entre el tiempo en que el equipo o instalación quedó disponible para producir TMEF y el tiempo total de reparación TMPR (Mesa, Ortiz y Pinzon, 2006).

Considerando; que la teoría de decisión multicriterio; indica que la etapa de estudio del proceso de toma de decisiones puede aceptar 2 maneras primordiales: cualitativa y cuantitativa. La exploración cualitativa se sustenta prácticamente en la apariencia intuitivo que el decisor tiene del problema, desde su vivencia en la resolución de inconvenientes semejantes o de la simplicidad del problema que se confronta. Por otro lado, si el problema es complejo o el decisor no posee suficiente vivencia con inconvenientes semejantes, entonces resulta eficaz la ejecución de un estudio cuantitativo para tomar la elección final. Generalmente los gerentes poseen capacidades, que incrementan con la vivencia, para la exploración cualitativo, sin embargo, sin duda, si entienden la fundamental contribución del estudio cuantitativo tienen la posibilidad de aumentar su efectividad en la toma de elecciones. En otras palabras, si conoce los métodos de la toma de elecciones cuantitativas está en mejor postura para equiparar y evaluar las fuentes de sugerencias, tanto cualitativas como cuantitativas, y combinar ambas para tomar la mejor elección viable, maximizando de esta forma la efectividad en la toma de decisiones (Rodríguez Cotilla, 2000).

Referente al análisis multicriterio se define principalmente como “una ayuda para la toma de elecciones y un instrumento matemática que posibilita la comparación de diferentes alternativas o escenarios según con varios criterios, constantemente contradictorios, con la intención de dirigir la elección hacedor hacia una elección juiciosa. El grupo de alternativas de elección consideradas en un problema dado y denominado el grupo de alternativas potenciales (Chakhar y Mousseau, [sin fecha]).

La disponibilidad es la probabilidad de que el sistema esté funcionando satisfactoriamente. La principal diferencia entre confiabilidad y la disponibilidad es la estrategia de operación y mantenimiento del sistema. Un sistema puede ser muy

confiable: es decir, su frecuencia de fallas es extremadamente bajo, pero cuando no se toman medidas de mantenimiento o reparación después de una falla, su disponibilidad se vuelve muy pobre (van Bussel, Zaaijer y Sc, 2001)

La disponibilidad, la finalidad primordial del mantenimiento, se puede conceptualizar como la confianza de que un elemento o sistema bajo mantenimiento desempeñará bien su funcionalidad a lo largo de un lapso de tiempo específico. Realmente, la disponibilidad se expresa como un porcentaje del tiempo que el sistema está funcionando para un sistema operativo constante (Mesa Grajales et al., 2006).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

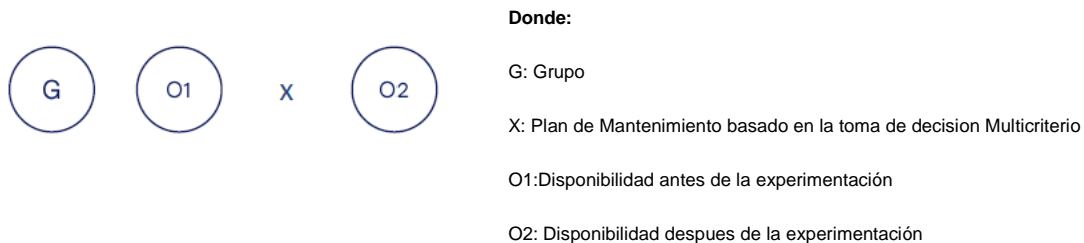
Según su finalidad, la investigación es de tipo aplicada, ya que se buscó resolver el problema de acrecentar la disponibilidad de equipos industriales basándose en la toma de decisión multicriterio. Se fundamentó debido a que se la teoría resolvió problemas prácticos, que se basaron en los resultados, hallazgos y soluciones que se trazó en el objetivo del estudio, normalmente este tipo de investigación se utilizó en la medicina o ingenierías (Arias y Covinos, 2021).

De enfoque cuantitativo, porque se tuvo una hipótesis y se efectuó la recolección de datos basado en el incremento de la disponibilidad de los equipos industriales. Recibió este nombre precisamente por su tendencia a asignar o asignar números a variables (medidas por volumen), las cuales busco correlacionar a través de la observación y la experimentación (Rodríguez Moya y Rodríguez Moya, 2019).

Diseño de investigación

El diseño de la investigación es preexperimental, debido a que la disponibilidad se estima antes y después de la implementación del plan de mantenimiento, es de tipo longitudinal puesto que se analizó la incidencia en varios momentos. Por su alcance es correlacional causal, ya que busco el grado de asociación entre variables e implicara la explicación de causas (Hernández y Mendoza, 2018).

Figura 1. Diseño pre experimental



3.2. Variables y operacionalización

Para esta investigación, se determinaron las siguientes variables.

Variable 1: Toma de decisión Multicriterio

La selección de un plan de mantenimiento idóneo para cada equipo o sistema es una labor bastante compleja gracias a los esfuerzos en la recolección de datos, la variedad de elementos y sus funcionalidades, la enorme proporción de criterios que se tienen que tomar en consideración y su subjetividad. Analizan la adaptación de la teoría de la toma de decisiones multicriterio del mantenimiento, con particular atención a la teoría de la utilidad multicriterio. Se vuelve a estimar qué criterios son más importantes y cuáles son los más influyentes en las elecciones a tomar. Con base en la necesidad de tomar elecciones complicadas en el entorno del mantenimiento industrial, donde el analista frecuentemente no posee iniciativa de qué criterios se tienen que priorizar. Proceso Analítico Jerárquico (AHP). Un instrumento de apoyo a la toma de elecciones sirve como una forma de gestionar el efecto de los criterios sobre las probables alternativas (Lima et al., 2019).

Variable 2: Disponibilidad

Los modelos en general de aumento de disponibilidad para sistemas reparables complejos a enorme escala, como unidades generadoras de electricidad, auxiliares de centrales eléctricas e instalaciones de transmisión y repartición. Los modelos de aumento de la disponibilidad general propuestos para sistemas reparables complejos a enorme escala, como unidades generadoras de electricidad y conjuntos de potencia, se ajustan a la regulación de cambio de disponibilidad para unidades de potencia nuclear, unidades de potencia térmica, auxiliares de centrales eléctricas e instalaciones de transmisión y repartición, cuyas porciones propiedades de disponibilidad son expresado en porcentaje (Shi y Xu, 2019).

Operacionalización

Para visualizar la matriz de operacionalización, ver Anexo 1.

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

Población:

La población estuvo conformada por ocho equipos de industria alimentaria del Restaurante Cordón Blue, ubicado en Pje. de José Olaya 145 - 149, Cercado de Lima 15001.

- **Criterios de inclusión:** Aquí se obtuvieron para su análisis a los equipos industriales que contaban con una ficha técnica de fabricación, equipos no revisados mayor a 10 años de instalación, equipos de trabajo automatizado y finalmente a equipos con mayor consumo eléctrico.

Muestra: 02 equipos industriales.

Muestreo: No probabilístico por conveniencia.

Unidad de análisis: 01 Equipo Industrial.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos

En el presente proyecto de investigación se aplicó un análisis documental y la observación como recolección de datos.

Instrumentos de recolección de datos.

Para el análisis documental se utilizó una ficha de recolección de datos y para la observación se utilizará una ficha de registro de observación.

3.5. Procedimientos

Para la realización de dicho proyecto, se inició con el permiso correspondiente del propietario del Restaurant Condón Blue, posterior de dicha autorización para el progreso del estudio se recolectaron los datos de los equipos, historial, ficha técnica; se manipularon las referencias por medio de una base de datos Excel; posteriormente se aplicó los criterios para garantizar el buen análisis de mantenimiento. En el siguiente proceso que incumbe al desenvolvimiento del proyecto de investigación se procedió a usar el análisis de criticidad y muestra definida, para consecuentemente proseguir con el análisis de Toma de decisiones Multicriterio y llegar a las conclusiones, y se constató el debate con los antecedentes.

3.6. Método de análisis de datos

En el presente proyecto de investigación se realizó el estudio de la documentación por medio del uso de las herramientas de tablas de criticidad, tablas de Microsoft Excel, para adquirir de las tablas de distribución de frecuencia y porcentaje; que fueron necesarias para el análisis descriptivo además de la Toma de decisiones Multicriterio,

3.7. Aspectos éticos

El proyecto de investigación demostró datos verdaderos que contempla las buenas prácticas y conductas aceptables en la investigación, utilizando la norma ISO 690 para las citas incluyendo al autor y el año de investigación, tanto en la realidad problemáticas, antecedentes, marco teórico. Adicionalmente se consideró la normativa del modelo actual de la UCV y por consiguiente en cuanto a la información de los equipos y métodos de la empresa, se manejará con absoluta reserva.

IV. RESULTADOS

Habiéndose obtenida la información por parte de la empresa Cordón Blue y recolectado la información; se formuló una base de datos en Microsoft Excel, determinando términos homogéneos en cada tipo de fallas aplicados a los equipos en estudio. Con lo cual se encontraron los siguientes resultados:

Objetivo específico 1: Determinar la disponibilidad actual de los equipos industriales en una empresa de servicio alimentario.

Tabla 1. Disponibilidad actual de los equipos industriales en una empresa de servicio alimentario

Mes	Cámara frigorífica de refrigeración	Cámara frigorífica de congelación	Horno rostizador eléctrico	Peladora de papas industrial	Suministro eléctrico
Abr-22	94%	94%	92%	84%	90%
May-22	92%	93%	93%	92%	100%
Jun-22	94%	92%	83%	90%	100%
Jul-22	94%	91%	86%	78%	94%
Ago-22	92%	91%	92%	85%	100%
Promedio	93%	92%	89%	86%	97%

Mes	Extractor de humo	Freidora a gas de 2 cestas 8.5 litros	Licuadaora encapsulada de 2.7 litros	Tablero de distribución
Abr-22	91%	92%	100%	100%
May-22	90%	87%	100%	100%
Jun-22	79%	90%	88%	100%
Jul-22	85%	93%	100%	94%
Ago-22	91%	91%	100%	100%
Promedio	87%	91%	98%	99%

Interpretación

Según lo encontrado en campo en relación los datos facilitados, la disponibilidad promedio entre los meses de abril a agosto del 2022 en los equipos; los cuales se describen a continuación: Cámara frigorífica de refrigeración (93%), Cámara frigorífica de congelación (92%) Horno rostizador eléctrico (89%), Peladora de papas industrial (86%),

Suministro eléctrico (97%), Extractor de humo (87%), Freidora a gas de 2 cestas 8.5 litros (91%), Licuadora encapsulada de 2.7 litros (98%).

Objetivo específico 2: Diseñar la estrategia de mantenimiento basado en toma de decisiones multicriterio

Tabla 2. Diseñar la estrategia de mantenimiento basado en toma de decisiones

ITEM	DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA	BREVE DETALLE
1	Identificar los equipos con mayor mantenimiento no programados	Se identifico en base a la edición de un cuaderno de control
2	Identificar los tiempos de paradas	En base a la información se detalla la fecha/hora de parada y la fecha/hora en que se dispone le equipo
3	Decidir qué activo debe priorizarse en el mantenimiento	Por medio de análisis de tabla dinámicas se determina el equipo con mayor ocurrencia de incidencia por sus tiempos de paradas
4	Daños encontrados en que el proceso de mantenimiento es la ocurrencia del evento iniciador, identificación del daño (sea parada no programada)	En base al equipo seleccionado para el estudio
5	La organización de mantenimiento, reparación y revisión (MRO) evalúa el daño con personal con conocimiento y experiencia en mantenimiento	Evaluación de daños de área especializada (departamento ingeniería). Se Consulta a Manuales referenciales de reparación estructural (SRM), para evaluar la gravedad del daño y los tipos de reparación asociados, Evaluación de límites de daños

ITEM	DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA	BREVE DETALLE
		tolerables y el marco de tiempo
6	Identificación de opción (BDT): el enfoque del árbol de decisión booleano se utiliza para formalizar la identificación de todas las opciones de reparación.	El árbol de decisiones se puede podar para eliminar las opciones inviables, de manera que se consideren opciones de reparación factibles (tiempos programados para las tareas). Las entradas se derivan de la evaluación de daños (es decir, las características técnicas del evento), así como de las condiciones operativas, las limitaciones logísticas
7	Clasificación de criterios de opción de reparación: los criterios de decisión aplicables se clasifican para cada opción de reparación factible. Como se mencionó, la capacidad de supervivencia, el costo y el tiempo de inactividad se han adoptado como criterios en este estudio de caso.	La mayoría de las opciones de reparación implican una reparación que evite una falla no programada, una acción de reparación mínima que se puede modelar
7.1	La mayoría de las opciones de reparación implican una reparación que evite una falla no programada, una acción de reparación que se puede modelar	Las opciones tienen acciones de seguimiento que restauran la pieza a un estado como nuevo (ya sea a través de una reparación permanente o por reemplazo), que puede modelarse mediante un Proceso de

ITEM	DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA	BREVE DETALLE
		renovación (RP).
	<p>Las opciones tienen acciones de seguimiento que restauran la pieza a un estado como nuevo (ya sea a través de una reparación permanente o por reemplazo), que puede modelarse mediante un Proceso de renovación (RP).</p> <p>Luego, utilizando el sistema de calificación de criterios individuales, todas las opciones se normalizan y se comparan entre sí por criterio individual. Todo esto da como resultado calificaciones</p>	<p>Costos: En el contexto del estudio de caso, el costo consta de 2 tipos principales:</p> <p>El costo directo de reparación y costo de interrupción.</p>
8	Evaluación de opciones (WSM)	<p>Se aplica el método de la suma ponderada para calcular una calificación agregada por opción factible. En la práctica, el peso de cada criterio lo determina el tomador de decisiones en el paso “El tomador de decisiones asigna pesos a los criterios”.</p>
9	Decisión final	<p>Dada una lista clasificada de opciones de mantenimiento factibles para un conjunto específico de pesos o rango de pesos, el tomador de decisiones seleccionará la opción preferida.</p>

Interpretación

Según lo descrito se propuso una estrategia enfocada hacia la toma de decisiones de criterios múltiples (MCDM) para los procesos de mantenimiento operativo; el cual se enfoca en la identificación y evaluación de alternativas de decisión para horizontes de tiempo cortos, abordando así problemas que necesitan ser resueltos en horas o en pocos días como máximo, así incrementado la disponibilidad del equipo utilizado en la empresa de servicio alimentario.

Objetivo específico 3: Elaborar el plan de mantenimiento basado en toma de decisiones multicriterio

Tabla 3. Plan de mantenimiento que basa en torno al análisis de toma de decisiones multicriterio

GRUPO	DESCRIPCION DE LA TAREA	FRECUENCIA
COMPRESOR HERMÉTICO	Revisión de carcaza y anclaje	Semestral
COMPRESOR HERMÉTICO	Evaluación de escape de aceite y gas refrigerante en uniones y acoples del compresor	Mensual
COMPRESOR HERMÉTICO	Recarga de refrigerante en caso de ser necesario	Anual
COMPRESOR HERMÉTICO	Verificar nivel de aceite del compresor	Mensual
COMPRESOR HERMÉTICO	Cambio de aceite	Anual
COMPRESOR HERMÉTICO	Cambio filtro deshidratador y succión	Anual
COMPRESOR HERMÉTICO	Presión manómetro de baja	Mensual
COMPRESOR HERMÉTICO	Presión manómetro de alta	Mensual
COMPRESOR	Revisión de parámetros de presión y	Semanal

GRUPO	DESCRIPCION DE LA TAREA	FRECUENCIA
HERMÉTICO	temperatura	
COMPRESOR HERMÉTICO	Verificar ruidos extraños en el compresor	Cuatrimestral
COMPRESOR HERMÉTICO	Evaluar el sistema eléctrico del compresor	Cuatrimestral
COMPRESOR HERMÉTICO	Evaluación, cambio, apriete de tornillos y terminales en malas condiciones	Mensual
EVAPORADOR	Evaluación de carcaza y sujeción del evaporador	Semestral
EVAPORADOR	Evaluar escape de gas refrigerante en conexiones	Mensual
EVAPORADOR	Inspección de la corrosión en el evaporador, pintura	Anual
EVAPORADOR	Evaluación, apriete de bases y protecciones de los motores ventiladores	Cuatrimestral
EVAPORADOR	Evaluación y peinado de las aletas del evaporador	Anual
EVAPORADOR	Inspección de la operación de los motores ventiladores	Mensual
EVAPORADOR	Inspección del sistema eléctrico de los motores ventiladores	Mensual
EVAPORADOR	Evaluación de la bandeja de desagüe, destape	Bimestral
EVAPORADOR	Aseo de serpentín con aditivos no tóxicos	Bimestral
CONDENSADOR	Evaluación de presiones de refrigerante sistema de alta, en caso de tener sobrepresión revisar el	Bimensual

GRUPO	DESCRIPCION DE LA TAREA	FRECUENCIA
	sistema de enfriamiento del condensador	
CONDENSADOR	Inspeccionar escape de gas refrigerante en tuberías, uniones y accesorios	Mensual
CONDENSADOR	Evaluación de corrosión o desgaste del serpentín	Anual
CONDENSADOR	Evaluación de demasiada vibración en los motores ventiladores	Trimestral
CONDENSADOR	Evolución de la situación del presóstato	Mensual
CONDENSADOR	Lubricación del motor ventilador (es)	Semestral
CONDENSADOR	Evaluación del sistema eléctrico, terminales, cables	Mensual
CONDENSADOR	Aseo del serpentín con aditivos no tóxicos	Bimestral
VALVULAS	Evaluar funcionamiento visual de la válvula de expansión, presiones de gas	Cuatrimestral
VALVULAS	Evaluar funcionamiento visual de la válvula solenoide, presiones de gas	Cuatrimestral
CAMARA	Inspección de impermeabilización de puertas	Mensual
CAMARA	Evaluación general de paneles, puertas y pisos	Cuatrimestral
CAMARA	Evaluación de luminarias en la cámara	Mensual

GRUPO	DESCRIPCION DE LA TAREA	FRECUENCIA
TABLERO ELÉCTRICO DE CONTROL	Revisión de los contactores	Cuatrimestral
TABLERO ELÉCTRICO DE CONTROL	Evaluación del voltaje	Cuatrimestral
TABLERO ELÉCTRICO DE CONTROL	Inspección, permuta, apriete de elementos de sujeción	Mensual
TABLERO ELÉCTRICO DE CONTROL	Aseo del tablero	Cuatrimestral

Interpretación

Según lo descrito en el plan de mantenimiento se planteó las tareas descritas basadas en el análisis de fallas analizadas en el Árbol de decisiones para la toma de decisiones de criterios múltiples (MCDM) y así estos planes den como resultado el incremento en la producción del negocio; considerando además los tiempos que implica cada tarea y los costos de Mantenimiento planeado.

Objetivo específico 4: Determinar el costo beneficio de la implementación de un plan mantenimiento basado en toma de decisiones multicriterio para equipo industrial critico en una empresa de servicios alimentarios

Tabla 4.Costo Beneficio de la implementación del Plan de Mantenimiento

Equipos	Costo Anual de Mantenimiento	Costo operativo por Parada no planeada	Gastos Totales por mantto.	Gastos generales Anuales
----------------	-------------------------------------	---	-----------------------------------	---------------------------------

Mantenimiento no planeado	17232.00	7127.96	24359.96	633000
Mantenimiento planeado	4841.96	213.84	5055.80	633000

Equipos	Ingreso Anual	Flujo de efectivo anual
Mantenimiento no planeado	722872.04	65512.08
Mantenimiento planeado	729786.16	91730.36

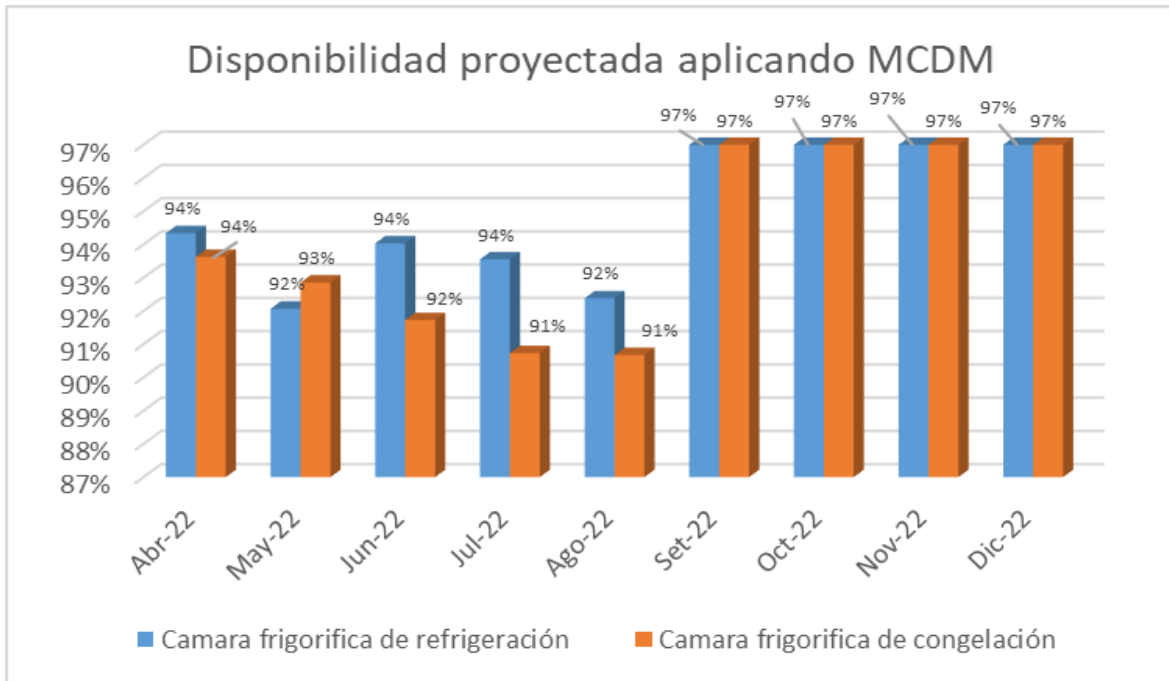
Equipos	Costo beneficio
Mantenimiento no planeado	2.69
Mantenimiento planeado	18.14

Interpretación

Dado los resultados se puede afirmar que la implementación del plan de mantenimiento en base al árbol de decisiones, el cual dio como resultado la implementación del plan de mantenimiento sustentado en la toma de decisiones de criterios múltiples (MCDM), Dando un costo beneficio del 18.14 considerándose que se podría reinyectar un monto de dinero para realizar una reparación mayor el cual nos dé como resultado el incremento de la disponibilidad del equipo industrial.

Objetivo general: Evaluar la implementación de mantenimiento basado en toma de decisiones multicriterio para incrementar la disponibilidad de equipos industriales en una empresa de servicios alimentarios.

Figura 2. Disponibilidad proyectada en el equipo industrial de Cámaras frigoríficas



Interpretación

El MCDM proporciona muchos métodos que pueden servir para establecer un enfoque seguro hacia la toma de decisiones de mantenimiento. De hecho, MCDM se ha empleado con la mata en la aplicación en el dominio del mantenimiento, pero su uso se centra en la toma de decisiones estratégicas y la selección de criterios, teniendo en cuenta la cuestión de qué es lo óptimo a largo plazo.

El apoyar la toma de decisiones a nivel del mantenimiento a favor de mantener una producción óptimas operativas como parte de la gestión de análisis en la gestión de mantenimiento, es decir, considerando la pregunta “¿qué hacer ahora?” con horizontes de tiempo asociados a generar rentabilidad en el negocio de Servicio de alimentos.

V. DISCUSIÓN

En la investigación se planteó el primer objetivo específico el determinar la disponibilidad actual de los equipos industriales en una empresa de servicio alimentario. Karoui y Lakhoua (2021) La utilización de estudio de sistemas y mantenimiento preventivo en la industria presente se convierte en una necesidad debido a que se incrementa la disponibilidad de los equipos industriales. La finalidad es la de realizar el análisis para mejorar la fiabilidad y disponibilidad de un conjunto de producción en una compañía industrial. También; Djeddi et al. (2022) Fundamentalmente, una operación de mantenimiento que se hace en un equipo industrial luego de una idealización programada que es dependiente de la vida eficaz promedio de este equipo (Mean Time Between Failures o Mean Time to Failure). Por lo cual inducen a una dificultad del sistema industrial provocada por las distintas conductas y medidas. En mundo de la industria, la utilización y la gestión de manejo de datos dan como parte del resultado la mejora la productividad. En la presente investigación se encontró que dentro del tiempo que se logró realizar el seguimiento los cuales fueron entre los meses de abril a agosto del 2022 en los equipos industriales utilizados en el servicio de alimentos, utilizando la base de datos en Microsoft Excel se determinó que la menor disponibilidad lo presentaban los equipos de Cámaras frigoríficas de refrigeración y cámaras frigoríficas de Congelación con un promedio de 92% de disponibilidad. Martins et al. (2021) La maximización de la disponibilidad es una meta para cualquier organización pues la época de inacción de los conjuntos involucra elevados precios no productivos y, además, las paradas y reinicios anómalos acostumbran a involucrar la pérdida de calidad del producto. Por lo tanto, se puede indicar que el estudio de la disponibilidad es de vital importancia para poder diagnosticar a un nivel inicial prioritario, dando como resultado una visión en que los valores encontrados nos determinar el estado actual de dicho indicador; por lo cual nos da un indicio para proseguir con la investigación como parte de la mejora en la producción y la gestión de mantenimiento.

El segundo objetivo específico fue diseñar la estrategia de mantenimiento basado en toma de decisiones multicriterio. Dhanisetty, Verhagen y Curran (2018), las formalizaciones del proceso MCDM tienen la posibilidad de hacer el resumen de en propiedades críticas definidas como, por ejemplo: La Identificación de cada una de las

alternativas de elección probables; implantar criterios y trascendencia a modo de pesos, usar una evaluación cuantificable de los criterios para clasificar cada elección. En relación con la primera característica, la literatura que existe para los procesos de mantenimiento a grado operativo, estas alternativas principalmente son desconocidas, o solo parcialmente. Por consiguiente, es preciso un procedimiento para detectar el grupo completo de alternativas de elección inicialmente de un acontecimiento de mantenimiento.

Se discute la metodología de estudio de sensibilidad sobre los criterios de elección para un modelo esencial de toma de elecciones multicriterio (MCDM) y su aplicación en la toma de elecciones de mantenimiento. El modelo MCDM optimización y optimización la comprensión de la dinámica de un problema de mantenimiento complejo. El modelo MCDM ofrece una mejor comprensión del problema, lo cual provoca que la solución del problema sea más exitosa. Por lo siguiente se puede considerar que la proceso seleccionado como parte de la estrategia puede tener diferentes criterios de análisis dependiente del investigador, gracias a que en toda empresa donde existan activos que determinen los parámetros de producción y rentabilidad se podrá utilizar el planteamiento; sin embargo, en la presente investigación el nivel es medio, debido a que la empresa en estudio cumplía con los equipos funcionales para el análisis, su debida aplicación y validez del método analítico.

El tercer objetivo específico fue elaborar el plan de mantenimiento basado en toma de decisiones multicriterio. En el estudio de Dhanisetty, Verhagen y Curran (2018) el mantenedor no contaba con un enfoque estructurado hacia la identificación de opciones. Aunque toda la información estaba a disposición desde el principio, mucha información no se tuvo en cuenta inicialmente. El mantenedor no tenía la capacidad de evaluar sistemáticamente las alternativas de decisión. No se recopiló información suficiente para respaldar el proceso de toma de decisiones, a pesar de que toda la información necesaria sobre costos, tiempo de inactividad y capacidad de supervivencia estaba disponible al inicio del proceso de decisión o poco después. El mantenedor pasó demasiado tiempo en el proceso de decisión. El proceso completo se tardó semanas en completarse, pero varios factores contribuyeron a esto más allá del proceso de decisión en sí. Más importante, por lo tanto, es el hecho de que se llevaron a cabo múltiples

iteraciones para el proceso de decisión, lo que implicó un esfuerzo sustancial de horas-hombre por parte de varias personas. Si se siguiera el enfoque propuesto en este documento, el proceso de toma de decisiones podría completarse menos tiempo de cálculo necesario cuando todas las entradas están disponibles.

Según Guner, Sakar y Yet (2021) los vehículos automotores se forman por una enorme proporción de piezas, y la planeación de las ocupaciones de mantenimiento de las diversas piezas es una elección determinante que perjudica la fiabilidad del sistema, los precios de operación y los requisitos de capacidad de los proveedores de servicios. Recomendamos un procedimiento sistemático para establecer las piezas críticas que tienen que manejarse con mantenimiento preventivo (PM) adicional y elaborar planes alternativos de PM con diferentes niveles de precio y uso de capacidad.

Dado estos antecedentes se puede decir que en base análisis basado en la toma de decisión multicriterio con la perspectiva de crear un plan de mantenimiento analizando los criterios nos apertura la posibilidad de generar menos paradas al equipo industrial para generar menor paradas en la producción.

El cuarto objetivo específico fue determinar el costo beneficio de la implementación de un plan mantenimiento basado en toma de decisiones multicriterio para equipo industrial crítico en una empresa de servicios alimentarios. Según Chopra, Sachdeva y Bhardwaj (2022) la industria está confiando en las técnicas de mantenimiento preventivo que tienen la posibilidad de reducir las fallas y dotar a las plantas industriales de grupos efectivos, empero en muchas organizaciones las labores de mantenimiento se hacen con mucha frecuencia y no conforme el proyecto y no poseen presente las condiciones de la planta y los conjuntos. Este archivo muestra una técnica difusa VIKOR (Multicriteria Optimization and Compromise Solution) que se usa en el desarrollo de un enfoque integral para la selección de la táctica de mantenimiento en la planta en la industria del papel para escoger la táctica de mantenimiento idónea, disminuyendo de esta forma el precio innecesario incurrido en el mantenimiento. En esta investigación se encontró que el reducir las fallas nos conlleva a disminuir gastos correctivos que en muchos casos son cotizados a precios mayores al mercado los cuales se aceptan debido a la premura en dejar operativo el equipo y así repercute lo menor posible; a este gasto por mantenimiento no programado se adiciona el valor que impacta en la disminución de la producción y por ende de las ventas al ser un rubro de servicio en venta de alimentos.

Por último, el objetivo general fue evaluar la implementación de mantenimiento basado en toma de decisiones multicriterio para incrementar la disponibilidad de equipos industriales en una empresa de servicios alimentarios. Según Kristjanpoller et al. (2020) en dichos sistemas, la disponibilidad esperada de cada equipo y su capacidad operativa son las cambiantes primordiales para edificar una funcionalidad de rendimiento de flota universal. Siendo la disponibilidad un indicador clave para decidir la capacidad provechosa de un proceso, y para elegir grupos y sus combinaciones para conseguir las metas de producción. En base a lo expuesto se tiene determinado que al incrementar la disponibilidad en un equipo que participa activamente en el proceso de producción este resultado repercute de manera positiva al resultado de rentabilidad económica en la productividad del sistema del servicio de alimentos para el cual está desarrollado el negocio de la empresa en estudio.

En contexto al método de toma de decisión multicriterio con otros métodos de otras literaturas, impacta en el presente estudio de investigación por lo novedoso, la variabilidad de alternativas de métodos ya sean cuantitativos o cualitativos en la que se puede aplicar, en áreas de mantenimiento, proyectos, operaciones, logística, etc; siendo un sustento matemático valedero y respaldado para generar criterios de análisis más certeros y con resultados óptimos apegados a la realidad del campo técnico operativo.

VI. CONCLUSIONES

1. El cálculo de disponibilidad hallado en los activos durante el periodo de tiempo de los meses de abril a agosto del 2022, el cual ha comprendido en dividir el tiempo de actividad total del activo por la suma del tiempo de actividad total y el tiempo de inactividad total, cuyos valores expresados en porcentaje se describen a continuación: Cámara frigorífica de refrigeración (93%), Cámara frigorífica de congelación (92%) Horno rostizador eléctrico (89%), Peladora de papas industrial (86%), Suministro eléctrico (97%), Extractor de humo (87%), Freidora a gas de 2 cestas 8.5 litros (91%), Licuadora encapsulada de 2.7 litros (98%).
2. El diseñar la estrategia para la toma de decisiones multicriterio para lo cual se consideró el utilizar un procedimiento útil y que se acomode a los antecedentes de datos disponibles, con los cuales se para estructurar procesos de toma de decisión multicriterio desde la identificación de criterios de valoración, de las situaciones en que son importantes, el valor o el peso relativo de cada uno y de cómo se aplican aquellos criterios en un marco de evaluación específico; abordando así problemas que necesitan ser resueltos en horas y anticiparse de manera que no conlleve a una parada extensa, así incrementado la disponibilidad del equipo utilizado en la empresa de servicio alimentario.
3. Existe una intensa correlación entre el mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo. A medida que más invierta en el mantenimiento preventivo, menos invertirá en mantenimiento correctivo. Para optimizar las inversiones en conjuntos y mantenimiento, tendrá que descubrir un punto de equilibrio en medio de éstos 2 tipos de mantenimiento. El Mantenimiento preventivo en funcionalidad del tiempo se hace en intervalos de tiempo establecidos, fuera del horario común de trabajo. De consenso con el tipo de equipo, esto puede significar inspecciones de mantenimiento programadas semanales, quincenales, mensuales o anuales. El Mantenimiento preventivo en funcionalidad del uso hace referencia al mantenimiento que se hace según la frecuencia de uso del equipo. Gracias a este tipo de mantenimiento, es viable evadir las paradas del equipo por fallos en la producción de varios de los activos de la empresa.

4. El mantenimiento es considerado como una inversión, y no como un gasto, gracias a el valor que poseen los procesos de mantenimiento en la ejecución de las ocupaciones de una organización. O sea, en vez de dialogar del ahorro que se puede lograr por hacer un mantenimiento conveniente y eludir averías, vamos a enfocarlo como el dinero que se deja de triunfar por pérdida de producción, gracias a las averías por no hacer un mantenimiento correcto. partimos del dato de la media de horas mensuales de parada debida a averías y, una vez llevadas a cabo las mejoras de mantenimiento, tendremos el dato del porcentaje de disminución de dichas horas. Por consiguiente, si con una optimización del proyecto de mantenimiento logramos minimizar un porcentaje dicha media de tiempo, entonces incrementará la época de producción, por lo cual la organización obtendrá más dinero por producción. Basando se en los resultados obtenidos se afirma que la implementación del plan de mantenimiento resulta un costo beneficio del 18.14; además considerándose que se podría reinyectar un monto de dinero para realizar una reparación mayor el cual nos dé como resultado el incremento de la disponibilidad del equipo industrial.
5. El haber aplicado el método de toma de decisiones multicriterio como método de análisis , para el cual nos basamos en el método del árbol de decisiones booleana y el método de suma ponderada nos abrió perspectivas de análisis con criterios definidos por el equipo de reparación, mantenimiento y revisión, con el cual nos entregó una implementación del plan de mantenimiento preventivo enfocado en la fallas recurrentes y esto nos permitió el poder simular el pronóstico de la disponibilidad con el programa Rstudio del cual incremento del 92% al 97% del activo en estudio (Ver figura 8); dando como consecuencia una mayor rentabilidad al generarse e incrementarse los ratios de producción requeridos por la operación diaria.
6. Los equipos de mantenimiento combaten el reto constante de detectar de forma sencilla cada una de las posibilidades de manutención hacederas para las técnicas de mantenimiento a grado operante, que implican una visibilidad de etapas cortas “que divisan diversas temporadas”. Los encargados acostumbran a necesitar de un método y con la elección concluida desde el grupo servible de dilemas de elección. Por consiguiente, se ha avanzado con una visión de: revelar los medios de mantenimiento posibles limitaciones operantes y tasar las posibilidades metódicamente para proponer elecciones de mantenimiento. El tipo postulado permanece en la función de detectar,

tasar y elegir por medio de la utilización de adhesión de 2 técnicas MCDM disímiles: árbol de elección booleano (BDT) para la tipificación de posibilidades y el procedimiento de suma ponderada (WSM) para el escogimiento final.

VII. RECOMENDACIONES

Habiéndose analizado los resultados en esta investigación, se plantean las siguientes recomendaciones:

Se podría tener la alternativa de ampliar el enfoque de criterios de análisis al poder haber obtenido mayores antecedentes por años de las fallas recurrentes diarios que nos explicó el gerente encargado de la empresa en estudio de investigación.

El proceso de selección del activo en el cual se aplicó la toma de decisiones multicriterio debería ser replicado en los métodos de análisis en los demás equipos para que el resultado del incremento de la disponibilidad de cada equipo de como resultado una mayor eficiencia en los recursos con los que cuenta la empresa lo cual dará como consecuencia la rentabilidad del negocio al cual se aplican cada uno de los equipos.

Elaborar investigaciones con enfoque de la disponibilidad en los equipos, nos apertura a poder utilizar otras perspectivas que podrían ser analizadas tales como la confiabilidad, Backlog, entre otros lo cual nos permitirá el análisis y con la finalidad de diagnosticar más afondo otras perspectivas de evaluación, permitiendo así un análisis más profundo de lo estudiados.

Es de suma importancia que se mantenga en la empresa en estudio un control y seguimiento de los reportes de fallas, para que con estos se puedan aplicar el método de análisis necesario y así poder implementar y replantear el plan de mantenimiento preventivo.

Además, es necesario el Planificar y realizar auditorías internas inopinadas por parte de la empresa, para observar y evaluar el cumplimiento de los diferentes procesos del plan de mantenimiento preventivo que es ejecutada por la empresa externa tercera, con el fin de asegurar la productividad eficiente; fortaleciendo el modelo de gestión para el desarrollo sostenible de la empresa en calidad de estudio y así poder cumplir a cabalidad con los objetivos planteados.

BIBLIOGRAFIAS

AGHAEI, A., AGHAEI, M., FATHI, M.R., SHOA'BIN, S. y SOBHANI, S.M., 2020. A novel fuzzy hybrid multi-criteria decision-making approach for evaluating maintenance strategies in petrochemical industry. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, vol. 27, no. 2, pp. 351-365. ISSN 13552511. DOI 10.1108/JQME-04-2019-0036.

AL-KHAFAJI, M.S., MESHEB, K.S. y JABBAR ABRAHIM, M.A., 2019. Fuzzy Multicriteria Decision-Making Model for Maintenance Management of Irrigation Projects. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, vol. 145, no. 12, pp. 04019026. ISSN 0733-9437. DOI 10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0001429.

AMRINA, E., KAMIL, I. y ARIDHARMA, D., 2020. Fuzzy Multi Criteria Approach for Sustainable Maintenance Performance Evaluation in Cement Industry. *Procedia Manufacturing*, vol. 43, pp. 674-681. ISSN 2351-9789. DOI 10.1016/J.PROMFG.2020.02.125.

ARIAS, J. y COVINOS, M., 2021. *Diseño y metodología de la investigación* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 9786124844423. Disponible en: file:///C:/Users/hp/Downloads/Arias-Covinos-Diseño_y_metodologia_de_la_investigacion.pdf.

BANIHABIB, M.E., HASHEMI-MADANI, F.S. y FORGHANI, A., 2017. Comparison of Compensatory and non-Compensatory Multi Criteria Decision Making Models in Water Resources Strategic Management. *Water Resources Management*, vol. 31, no. 12, pp. 3745-3759. ISSN 15731650. DOI 10.1007/S11269-017-1702-X.

CARPITELLA, S., CERTA, A., IZQUIERDO, J. y LA FATA, C.M., 2018. A combined multi-criteria approach to support FMECA analyses: A real-world case. *Reliability Engineering and System Safety*, vol. 169, pp. 394-402. ISSN 09518320. DOI 10.1016/J.RESS.2017.09.017.

CHAKHAR, S. y MOUSSEAU, V., [sin fecha]. Multicriteria Decision-Making, Spatial Parameterized Semantic Matchmaking and Ranking Framework for Web Service Composition View project A Rough Set Approach to Identify Predictive Patterns in

Multiple Time Series Data for Events Prediction View project. , DOI 10.1007/978-3-319-17885-1_839.

CHAKHRIT, A. y CHENNOUFI, M., 2021. Fuzzy multi-criteria approach for criticality assessment and optimization of decision making. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, vol. 41, no. 2, pp. 2701-2716. ISSN 18758967. DOI 10.3233/JIFS-202362.

CHOPRA, A., SACHDEVA, A. y BHARDWAJ, A., 2022. Selection of appropriate maintenance strategy using fuzzy VIKOR technique: application in paper industry. *International Journal of Quality and Reliability Management*, vol. 39, no. 5, pp. 1226-1248. ISSN 0265671X. DOI 10.1108/IJQRM-03-2020-0070.

DHANISSETTY, V.S.V., VERHAGEN, W.J.C. y CURRAN, R., 2018. Multi-criteria weighted decision making for operational maintenance processes. *Journal of Air Transport Management*, vol. 68, pp. 152-164. ISSN 09696997. DOI 10.1016/J.JAIRTRAMAN.2017.09.005.

DJEDDI, A.Z., HAFIFA, A., HADROUG, N. y IRATNI, A., 2022. Gas turbine availability improvement based on long short-term memory networks using deep learning of their failures data analysis. *Process Safety and Environmental Protection*, vol. 159, pp. 1-25. ISSN 09575820. DOI 10.1016/J.PSEP.2021.12.050.

DE SOUSA PEREIRA, L. y MORAIS, D.C., 2020. Multicriteria Decision Model to Establish Maintenance Priorities for Wells in a Groundwater System. *Water Resources Management 2020 34:1* [en línea], vol. 34, no. 1, pp. 377-392. [Consulta: 4 junio 2022]. ISSN 1573-1650. DOI 10.1007/S11269-019-02457-8.

FATTAHI, R., TAVAKKOLI-MOGHADDAM, R., KHALILZADEH, M., SHAHSAVARI-POUR, N. y SOLTANI, R., 2020. A novel FMEA model based on fuzzy multiple-criteria decision-making methods for risk assessment. *Journal of Enterprise Information Management*, vol. 33, no. 5, pp. 881-904. ISSN 17410398. DOI 10.1108/JEIM-09-2019-0282.

GOMES DA SILVA, J. y LOPES, R.S., 2018. An integrated framework for mode failure

analysis, delay time model and multi-criteria decision-making for determination of inspection intervals in complex systems. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, vol. 51, pp. 17-28. ISSN 09504230. DOI 10.1016/J.JLP.2017.10.013.

GOMEZ FERNÁNDEZ, J.F. y MARCOS, J.A., 2022. Dynamic Risk Assessment for CBM-based adaptation of maintenance planning. *Reliability Engineering and System Safety*, vol. 223. ISSN 09518320. DOI 10.1016/J.RESS.2022.108359.

GONZÁLEZ, R., CÁCERES, L., FARIÑA, R. y OXILIA, V., [sin fecha]. MULTI-CRITERIA ANALYSIS OF MACHINES USING AHP. , ISSN 2618-3277.

GUNER, G.G., SAKAR, C.T. y YET, B., 2021. A Multicriteria Method to Form Optional Preventive Maintenance Plans: A Case Study of a Large Fleet of Vehicles. *IEEE Transactions on Engineering Management*, ISSN 15580040. DOI 10.1109/TEM.2021.3072835

HERNÁNDEZ, R. y MENDOZA, C., 2018. Metodología de la investigación. *Mc Graw Hill*, vol. 1, no. Mexico, pp. 714.

KAROUI, M. fathi y LAKHOUA, M.N., 2021. Application of system analysis and preventive maintenance on cigarette packer line. *Independent Journal of Management & Production*, vol. 12, no. 2, pp. 439-449. ISSN 2236-269X. DOI 10.14807/IJMP.V12I2.1249.

KESHAVARZ GHORABAE, M., AMIRI, M., ZAVADSKAS, E.K., TURSKIS, Z. y ANTUCHEVICIENE, J., 2017. A new multi-criteria model based on interval type-2 fuzzy sets and EDAS method for supplier evaluation and order allocation with environmental considerations. *Computers & Industrial Engineering*, vol. 112, pp. 156-174. ISSN 0360-8352. DOI 10.1016/J.CIE.2017.08.017.

KRISTJANPOLLER, F., VIVEROS, P., ZIO, E., PASCUAL, R. y ARANDA, O., 2020. Equivalent availability index for the performance measurement of haul truck fleets. *Eksploracja i Niezawodnosc*, vol. 22, no. 4, pp. 583-591. ISSN 15072711. DOI 10.17531/EIN.2020.4.1.

KUNDAKCI, N., 2019. An integrated method using MACBETH and EDAS methods for evaluating steam boiler alternatives. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, vol. 26, no. 1-2, pp. 27-34. ISSN 10991360. DOI 10.1002/MCDA.1656.

LIMA, E., GORSKI, E., LOURES, E.F.R., PORTELA SANTOS, E.A. y DESCHAMPS, F., 2019. Applying machine learning to AHP multicriteria decision making method to assets prioritization in the context of industrial maintenance 4.0. *IFAC-PapersOnLine*, vol. 52, no. 13, pp. 2152-2157. ISSN 2405-8963. DOI 10.1016/J.IFACOL.2019.11.524.

LIMA, M.L., ROMANELLI, A., CALDERON, G. y MASSONE, H.E., 2019. Multi-criteria decision model for assessing groundwater pollution risk in the urban-rural interface of Mar del Plata City (Argentina). *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 191, no. 6. ISSN 15732959. DOI 10.1007/S10661-019-7485-1.

LIU, Y. y SU, C., 2018. Availability-based maintenance optimization under unequal inspection period and imperfect repair. *Journal of Southeast University (English Edition)*, vol. 34, no. 3, pp. 303-308. ISSN 10037985. DOI 10.3969/J.ISSN.1003-7985.2018.03.004.

MADUEKWE, V.C. y OKE, S.A., 2022. The Application of the EDAS Method in the Parametric Selection Scheme for Maintenance Plans in the Nigerian Food Industry. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri* [en línea], vol. 11, no. 1, pp. 1-22. [Consulta: 4 junio 2022]. ISSN 23391499. DOI 10.26593/JRSI.V11I1.4349.1-22.

MARTÍNEZ-GALÁN FERNÁNDEZ, P., GUILLÉN LÓPEZ, A.J., MÁRQUEZ, A.C., RODRÍGUEZ MOYA, E. y RODRÍGUEZ MOYA, E., 2019. LA HERMENÉUTICA GADAMERIANA COMO SÍNTESIS ENTRE EL ENFOQUE CUANTITATIVO Y CUALITATIVO EN LA INVESTIGACIÓN SOCIAL. *Límite (Arica)* [en línea], vol. 14, pp. 0-0. [Consulta: 30 junio 2022]. ISSN 0718-5065. DOI 10.4067/S0718-50652019000100204.

MARTINS, A., FONSECA, I., FARINHA, J.T., REIS, J. y CARDOSO, A.M., 2021. Maintenance prediction through sensing using hidden markov models—a case study.

Applied Sciences (Switzerland), vol. 11, no. 16. ISSN 20763417. DOI 10.3390/APP11167685.

MESA GRAJALES, D.H., ORTIZ SÁNCHEZ, Y., PINZÓN INGENIERO METALÚRGICO, M. y ECONOMÍA AMBIENTAL UROSARIO PROFESOR AUXILIAR, en, 2006. La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. *Scientia et Technica* [en línea], vol. 1, no. 30. [Consulta: 23 noviembre 2022]. ISSN 2344-7214. DOI 10.22517/23447214.6513. Disponible en: <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/6513>.

RAHMAN, H.U., RAZA, M., AFSAR, P., ALHARBI, A., AHMAD, S. y ALYAMI, H., 2021. Multi-criteria decision making model for application maintenance offshoring using analytic hierarchy process. *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 11, no. 18. ISSN 20763417. DOI 10.3390/APP11188550.

RIBAS, J.R. y DIAZ, J.I.P., 2019. Assessment of Sustainable Use of a Multipurpose Reservoir through the Multicriteria Approach: the Case of Corumbá IV Reservoir, Brazil. *Water Resources Management*, vol. 33, no. 2, pp. 591-602. ISSN 15731650. DOI 10.1007/S11269-018-2121-3.

RODRÍGUEZ COTILLA, Z., 2000. Teoría de la decisión multicriterio: un enfoque para la toma de decisiones. *Economía y Desarrollo* [en línea], vol. 126, no. 1, pp. 40-56. Disponible en: <https://pwebescos.upc.elogim.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=4&sid=f9d9bbe3-a06f-45a4-9501-09a8b615099c%40redis>.

SALLWEY, J., BONILLA VALVERDE, J.P., VÁSQUEZ LÓPEZ, F., JUNGHANN, R. y STEFAN, C., 2019. Suitability maps for managed aquifer recharge: A review of multi-criteria decision analysis studies. *Environmental Reviews*, vol. 27, no. 2, pp. 138-150. ISSN 11818700. DOI 10.1139/ER-2018-0069.

SHI, J. y XU, J., 2021. Availability growth models and verification of power equipment. *Frontiers in Energy*, ISSN 20951698. DOI 10.1007/S11708-019-0624-0.

SYAN, C.S. y RAMSOOBAG, G., 2019. Maintenance applications of multi-criteria optimization: A review. *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 190, pp. 106520. ISSN 0951-8320. DOI 10.1016/J.RESS.2019.106520.

TSAROUHAS, P.H., 2021. Reliability, availability, and maintainability analysis of an industrial plant based on Six Sigma approach: a case study in plastic industry. *The Handbook of Reliability, Maintenance, and System Safety through Mathematical Modeling*, pp. 1-17. DOI 10.1016/B978-0-12-819582-6.00001-0.

TSAROUHAS, P., 2020. Reliability, availability, and maintainability (RAM) study of an ice cream industry. *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 10, no. 12. ISSN 20763417. DOI 10.3390/APP10124265.

VAN BUSSEL, G., ZAAIJER, M. y SC, M., 2001. Reliability, Availability and Maintenance aspects of large-scale offshore wind farms, a concepts study. , vol. 113, pp. 1-1.

WU, Z., LIU, W. y NIE, W., 2021. Literature review and prospect of the development and application of FMEA in manufacturing industry. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 112, no. 5-6, pp. 1409-1436. ISSN 14333015. DOI 10.1007/S00170-020-06425-0.

ZHANG, H., DONG, Y., PALOMARES-CARRASCOSA, I. y ZHOU, H., 2019. Failure mode and effect analysis in a linguistic context: A consensus-based multiattribute group decision-making approach. *IEEE Transactions on Reliability*, vol. 68, no. 2, pp. 566-582. ISSN 00189529. DOI 10.1109/TR.2018.2869787.

ANEXOS

Anexo 1. Operacionalización de variables

Tabla 5. Matriz Operacionalización de la variable de la Toma de decisión Multicriterio

Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
La selección de un plan de mantenimiento idóneo para cada equipo o sistema es una labor bastante compleja. Se vuelve a estimar qué criterios son más importantes y cuáles son los más influyentes en las elecciones a tomar (Lima et al., 2019).	Para Mejorar la confiabilidad y la formulación de una mejor estrategia de mantenimiento empleando el reconocimiento de fallas en máquinas vitales, y como muestra probabilística se registró una base de datos históricos por un periodo de 12 meses mediante un análisis de Pareto, estadística descriptiva, tendencia y prueba de correlación serial de datos (Tsarouhas, 2020).		Tiempo	Razón
			Costo	Razón
			Disponibilidad	Razón

Nota. Indicadores planteados por el autor

Tabla 6.Matriz Operacionalización de la variable Disponibilidad de Equipos

Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
<p>Es la probabilidad que los equipos funcionen adecuadamente en el momento indicado con los modelos de disponibilidad general propuestos para sistemas reparables complejos a enorme escala (Shi y Xu, 2019)</p>	<p>La variable tiene como muestra un equipo industrial. Se considero las dimensiones de determinar, diseñar y elaborar. Para su medición se aplicará un análisis documental y como instrumento una ficha de recolección de datos se trabajará mediante la escala tipo razón. Para el análisis de los resultados se utilizará tablas de criticidad, Microsoft Excel, de distribución de frecuencia y porcentaje.; para luego ser discutidos con las teorías y trabajos previos (Shi y Xu, 2019).</p>	<p>Eficiencia</p>	<p>Costo beneficio</p>	<p>Razón</p>
		<p>Disponibilidad</p>	<p>Tiempo</p>	<p>Razón</p>

Nota. Indicadores planteados por el autor

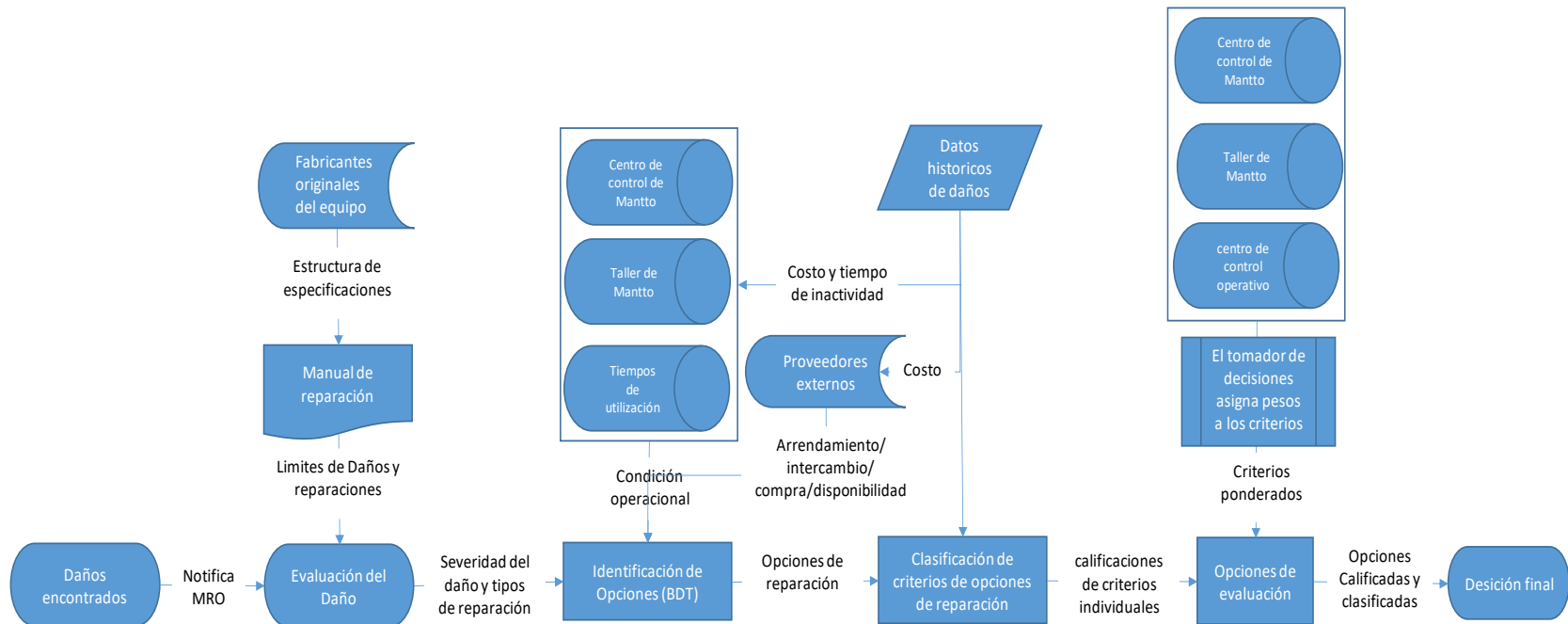
Anexo 2. Instrumento de almacenamiento de Datos

Figura 3. Ordenamiento de la base de datos

Establecimiento	Ubicación dentro del establecimiento	Tipo de equipo	Problema encontrado	Causa de la falla	Solucion	Sistema	Fecha y hora reportada	Fecha y hora solucionada	Genera parada del equipo	Tiempo de parada (horas)	Tiempo (hora con decimales)	Tipo de manteni miento	Criticidad	Costo de reparación	Estado

Anexo 3. Diagrama de flujo modelo aplicando la toma de decisión multicriterio

Figura 4. Diagrama de flujo para la toma de decisiones multicriterio



Anexo 4. Toma de decisión multicriterio (MCDM)

Tabla 7. Integrantes de la organización de mantenimiento, reparación y revisión (MRO)

Integrante	Apellidos y Nombres
1	Chunga Lau Jose Luis
2	Velasquez Terrones Frank

Figura 5. Árbol de decisión Booleano de Cámara Frigorífica de congelación

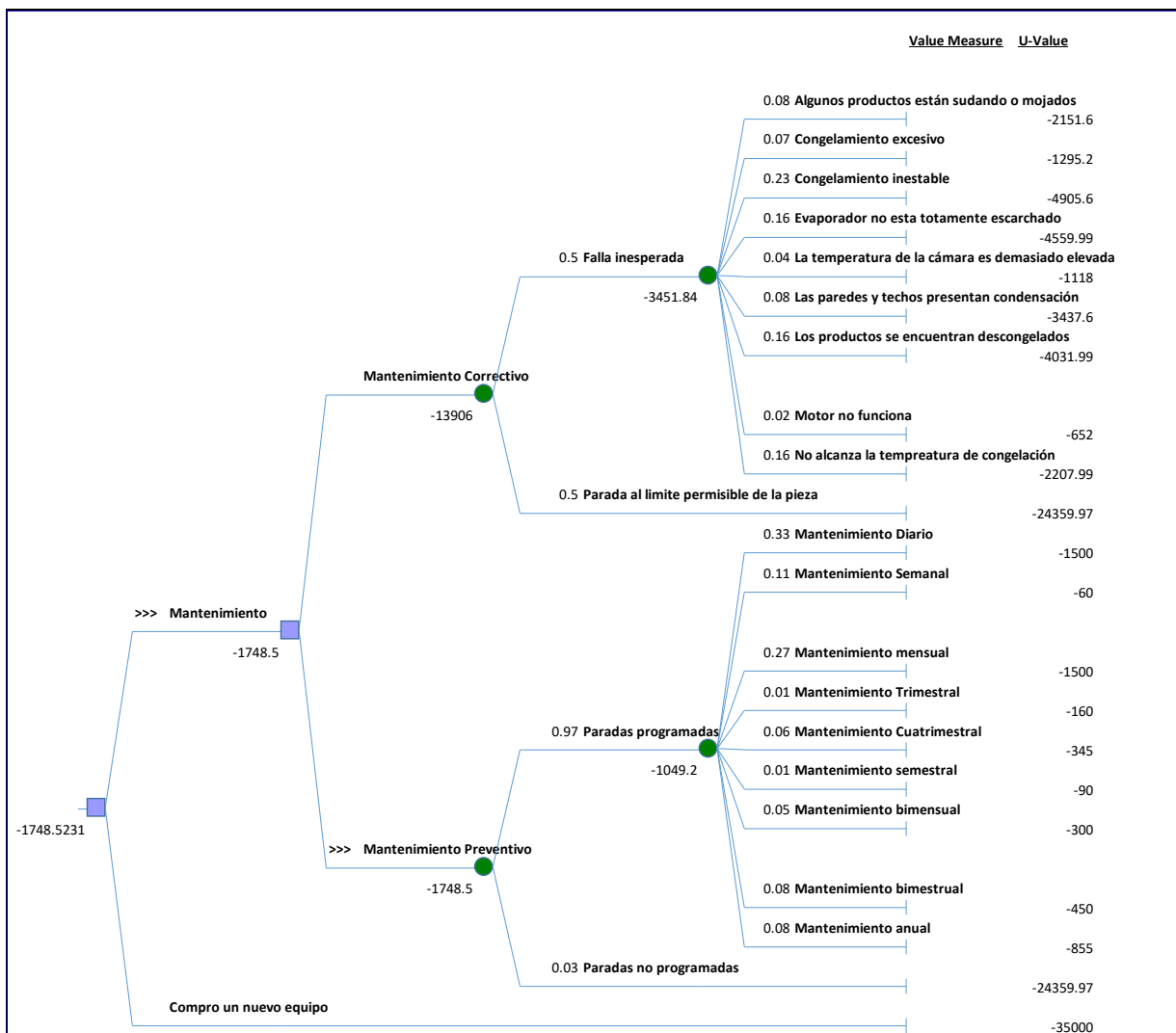


Tabla 8. Método de suma ponderada para los equipos (WSM)

Equipos	Tiempo de parada	Costo de Parada	Cantidad de paradas	Costo operativo
Camara frigorifica de congelación	297.00	7180	14	14849.92
Camara frigorifica de refrigeración	247.38	5165	13	12369.12
Horno rostizador eléctrico	165.55	2846	11	8277.47
Peladora de papas industrial	219.83	3419	16	10991.65
Suministro eléctrico	125.28	2045	7	6264.13
Extractor de humo	196.73	6410	16	9836.61
Freidora a gas de 2 cestas 8.5 litros	143.70	2406	11	7184.97
Tablero de distribución	1.45	120	1	72.50
Licuada encapsulada de 2.7 litros	81.67	950	6	4083.33
MAXIMO	297.00	7180.00	16.00	14849.92
MINIMO	1.45	120.00	1.00	72.50
RECORRIDO	295.55	7060.00	15.00	14777.42

	Tiempo de parada	Costo de Parada	Cantidad de paradas	Costo Operativo
Prioridad	2	3	4	1
W (Peso)	0.24	0.16	0.12	0.48

Criterio	Peso	Camara frigorifica de congelación		Camara frigorifica de refrigeración	
		Característica	Puntuación	Característica	Puntuación
Tiempo de parada	0.24	297.00	1	247.38	0.83
Costo de Parada	0.16	7180	1	5165	0.71
Cantidad de paradas	0.12	14	0.87	13	0.80
Costo Operativo	0.48	14849.92	1	12369.12	0.83
TOTAL		Total	0.984	Total	0.81

Criterio	Peso	Horno rostizador eléctrico		Peladora de papas industrial		Suministro eléctrico	
		Característica	Puntuación	Característica	Puntuación	Característica	Puntuación
Tiempo de parada	0.24	165.55	0.56	219.83	0.74	125.28	0.42
Costo de Parada	0.16	2846	0.39	3419	0.47	2045	0.27
Cantidad de paradas	0.12	11	0.67	16	1	7	0.40
Costo Operativo	0.48	8277.47	0.56	10991.65	0.74	6264.13	0.42
TOTAL		Total	0.54	Total	0.73	Total	0.39

Criterio	Peso	Extractor de humo		Freidora a gas de 2 cestas 8.5 litros		Tablero de distribución	
		Característica	Puntuación	Característica	Puntuación	Característica	Puntuación
Tiempo de parada	0.24	196.73	0.66	143.70	0.48	1.45	0
Costo de Parada	0.16	6410	0.89	2406	0.32	120	0
Cantidad de paradas	0.12	16	1	11	0.67	1	0
Costo Operativo	0.48	9836.61	0.66	7184.97	0.48	72.50	0
TOTAL		Total	0.74	Total	0.48	Total	0.00

Criterio	Peso	Licuadora encapsulada de 2.7 litros	
		Característica	Puntuación
Tiempo de parada	0.24	81.67	0.27
Costo de Parada	0.16	950	0.12
Cantidad de paradas	0.12	6	0.33
Costo Operativo	0.48	4083.33	0.27
TOTAL		Total	0.25

Tabla 9. Método de suma ponderada para el equipo en estudio (WSM)

Equipos	Tiempo de parada	Costo de Mantenimiento	Costo operativo
Mantenimiento no planeado	712.80	17232	7127.96
Mantenimiento planeado	115.70	4841.96	213.84
Compra de equipo nuevo	168.00	35000.00	1680.00
MAXIMO	712.80	35000.00	7127.96
MINIMO	115.70	4841.96	213.84
RECORRIDO	597.10	30158.04	6914.12

	Tiempo de parada	Costo de Mantenimiento	Costo Operativo
Prioridad	2	3	1
W (Peso)	0.27	0.18	0.55

Criterio	Peso	Mantenimiento no planeado		Mantenimiento planeado		Compra de equipo nuevo	
		Característica	Puntuación	Característica	Puntuación	Característica	Puntuación
Tiempo de parada	0.27	712.80	1	115.7	0.00	168.00	0.09
Costo de Mantenimiento	0.18	17232	0.41	4841.96	0.00	35000.00	1.00
Costo Operativo	0.55	7127.96	1	213.8388	0.00	1680.00	0.21
TOTAL		Total	0.892879463	Total	0.00	Total	0.32

Figura 6. Pronóstico de la disponibilidad con software Rstudio

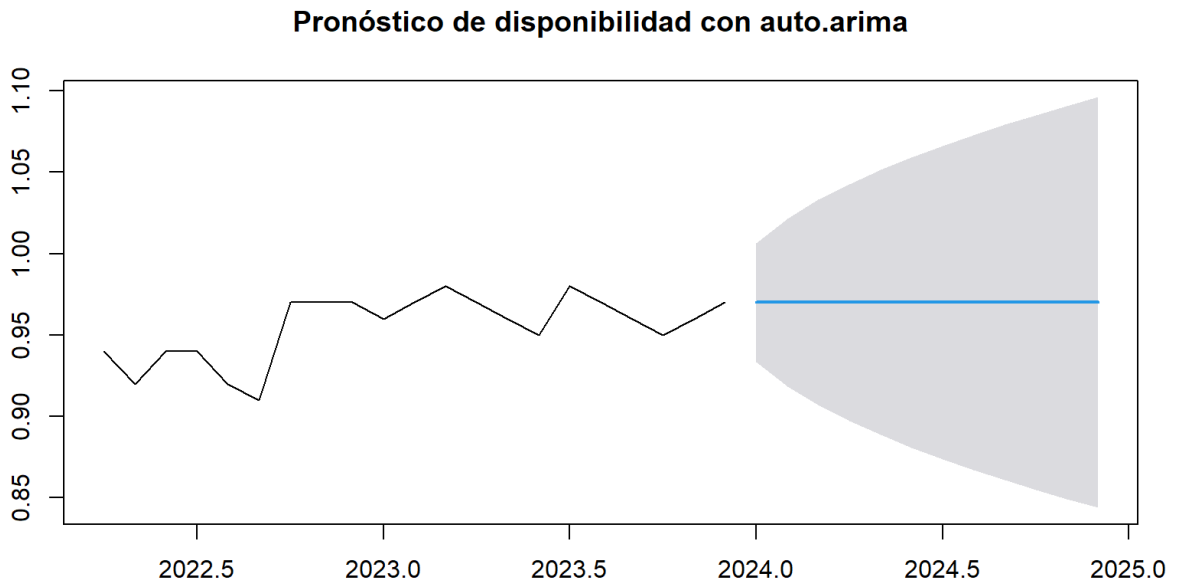


Figura 7. Determinar la fiabilidad con el método de alpha de Cronbach

Ecuastados	PREGUNTAS										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	4	3	3	3	4	3	4	3	3	3	33
2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	40
3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	40
4	3	3	4	3	3	4	3	4	4	3	34
	0.25	0.333	0.25	0.333	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.333	

Donde:
 k = El número de ítems
 $\sum s^2$ = Sumatoria de varianzas de los ítems.
 s^2 = Varianza de la suma de los ítems.
 α = Coeficiente de alfa de Cronbach

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\sum s^2}{S^2} \right]$$

Nivel de satisfacción	Valoración
Muy Satisfecho	4
Satisfecho	3
Poco Satisfecho	2
Insatisfecho	1

NUMERO DE ITEM	10
SUMATORIA DE LAS VAR DE LOS ITEM	2.75
VARIANZA DE LA SUMA DE LOS ITEM	14.25

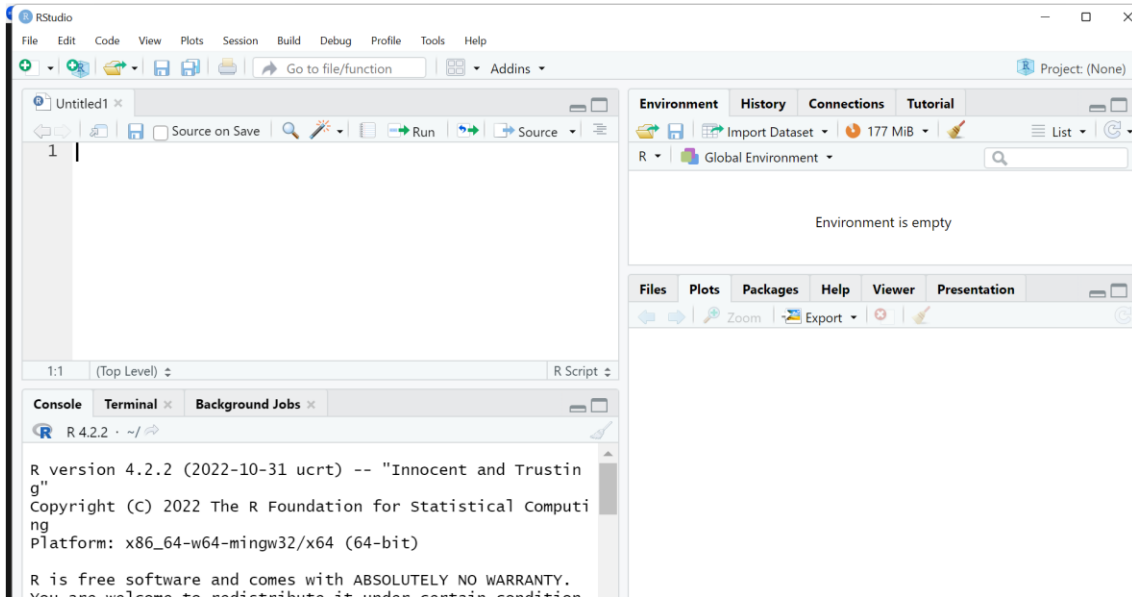
ALFA DE CROMBACH	0.90
------------------	------

RANGOS	MAGNITUDES
0.81 a 1	Muy Alta
0.61 a 0.80	Alta
0.41 a 0.60	Moderado
0.21 a 0.40	Baja
0.01 a 0.20	Muy Baja

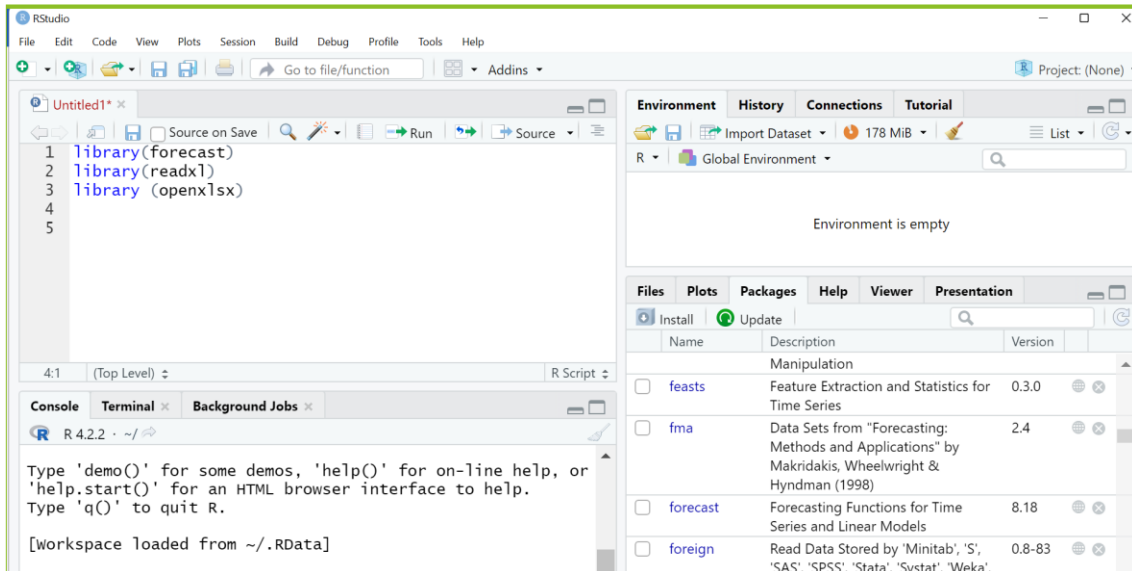
$\frac{k}{k-1}$	➤	1.111111111
$\frac{\sum s^2}{S^2}$	➤	0.192982456
$\left[1 - \frac{\sum s^2}{S^2} \right]$	➤	0.807017544

Figura 8. Proceso resumen del uso del programa Rstudio para el pronóstico de disponibilidad

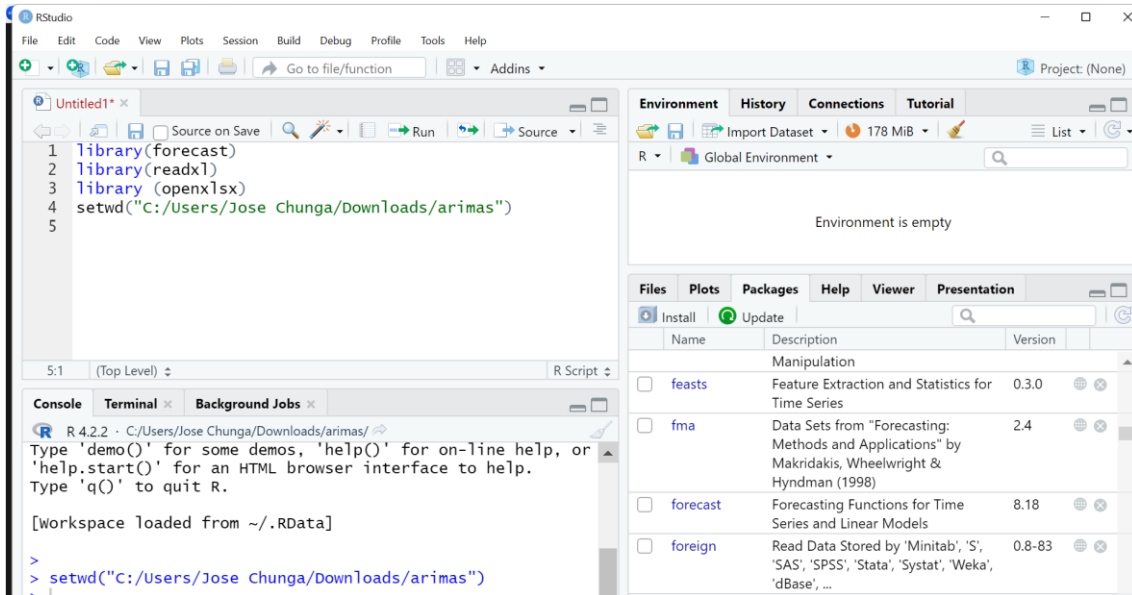
Se apertura el programa Rstudio como proyecto nuevo



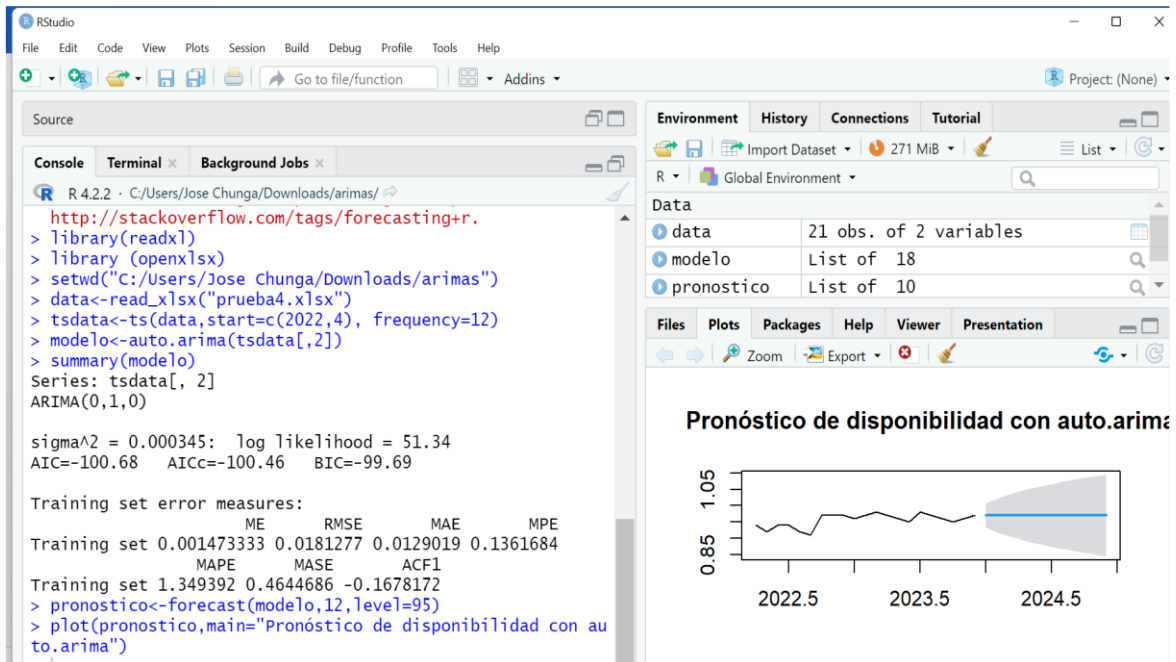
Se inserta las librerías necesarias con comandos definidos:



Se define la ruta del archivo con el dato de antecedentes y el resultado del análisis multicriterio.



Se editan los comandos Rstudio, donde se define el programa la proyección de análisis para el pronóstico (en base a los antecedentes y los datos de análisis multicriterio) y el plot resultando la grafica



VALIDACIÓN DE CONTENIDO DE FICHA DE REGISTRO PARA LA VARIABLE DISPONIBILIDAD

INSTRUCCIÓN: A continuación, se le hace llegar el instrumento de recolección de datos (Base de datos de los registros) que permitirá recoger la información en la presente investigación: **Mantenimiento basado en toma de decisiones multicriterio para incrementar disponibilidad de equipos industriales en empresa de servicios alimentarios** Por lo que se le solicita que tenga a bien evaluar el instrumento, haciendo, de ser caso, las sugerencias para realizar las correcciones pertinentes. Los criterios de validación de contenido son:

Criterios	Detalle	Calificación
Suficiencia	El elemento pertenece a la dimensión y basta para obtener la medición de esta	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Claridad	El elemento se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Coherencia	El elemento tiene relación lógica con el indicador que está midiendo	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Relevancia	El elemento es esencial o importante, es decir, debe ser incluido	1: de acuerdo 0: en desacuerdo

Nota. Criterios adaptados de la propuesta de Escobar y Cuervo (2008).

MATRIZ DE VALIDACIÓN DE FICHA DE REGISTRO DE LA VARIABLE DISPONIBILIDAD

Definición de la variable Disponibilidad: Se tiene también, la disponibilidad se formula como el tanto por ciento de tiempo en que el sistema está listo para operar o generar, esto en sistemas que operan siempre.

En la etapa de diseño de conjuntos o sistemas, se debería buscar la igualdad entre la disponibilidad y el precio. Dependiendo de la naturaleza de requisitos del sistema, el diseñador puede variar los niveles de disponibilidad, fiabilidad y mantenibilidad, de manera a reducir el precio total del periodo de vida. Expresando matemáticamente la disponibilidad $D(t)$, se puede definir como la relación entre el tiempo en que el equipo o instalación quedó disponible para producir TMEF y el tiempo total de reparación TMPR (Mesa, Ortiz y Pinzon, 2006).

Dimensión	Indicador	Elemento	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
DIMENSION A	Disponibilidad	Horas programadas de operación	1	1	1	1	Ninguna
		Tiempo de parada	1	1	1	1	Ninguna


FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	Lista de equipos/ Horas programadas de operación/ Tiempo de parada
Objetivo del instrumento	Medir la disponibilidad
Nombres y apellidos del experto	Carlos Arturo Paima Meza
Documento de identidad	40392232
Años de experiencia en el área	10 años
Máximo Grado Académico	Ingeniero Mecánico Eléctrico
Nacionalidad	Peruano
Institución	Petroleos del Peru S.A - Petroperu
Cargo	Supervisor de Mantenimiento
Número telefónico	966794330
Firma	
Fecha	10 /11 / 2022



Firmado digitalmente por:
PALMA MEZA Carlos Arturo
FAU 20100128218 soft
Motivo: Doy Vº Bº
Fecha: 10/11/2022 15:29:17-0500

FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	Lista de equipos/ Horas programadas de operación/ Tiempo de parada
Objetivo del instrumento	Medir la disponibilidad
Nombres y apellidos del experto	Luis Alberto Rabanal Cotrina
Documento de identidad	48114326
Años de experiencia en el área	4 años
Máximo Grado Académico	Ingeniero Mecánico Electricista
Nacionalidad	Peruana
Institución	JUCASA servicios generales EIRL
Cargo	Ingeniero Supervisor
Número telefónico	946794156
Firma	
Fecha	10 /11/2022

FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	Lista de equipos/ Horas programadas de operación/ Tiempo de parada
Objetivo del instrumento	Medir la disponibilidad
Nombres y apellidos del experto	Luis Felipe Heredia Sánchez
Documento de identidad	41661470
Años de experiencia en el área	11 años
Máximo Grado Académico	Ingeniero Mecánico
Nacionalidad	Peruano
Institución	Compañía Minera Sierra Central S.A.C.
Cargo	Supervisor planta
Número telefónico	992137894
Firma	
Fecha	23 /11 / 2022

VALIDACIÓN DE CONTENIDO DE FICHA DE REGISTRO PARA LA VARIABLE TOMA DE DECISION MULTICRITERIO

INSTRUCCIÓN: A continuación, se le hace llegar el instrumento de recolección de datos (Base de datos de los registros) que permitirá recoger la información en la presente investigación: **Mantenimiento basado en toma de decisiones multicriterio para incrementar disponibilidad de equipos industriales en empresa de servicios alimentarios** Por lo que se le solicita que tenga a bien evaluar el instrumento, haciendo, de ser caso, las sugerencias para realizar las correcciones pertinentes. Los criterios de validación de contenido son:

Criterios	Detalle	Calificación
Suficiencia	El elemento pertenece a la dimensión y basta para obtener la medición de esta	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Claridad	El elemento se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Coherencia	El elemento tiene relación lógica con el indicador que está midiendo	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Relevancia	El elemento es esencial o importante, es decir, debe ser incluido	1: de acuerdo 0: en desacuerdo


Nota. Criterios adaptados de la propuesta de Escobar y Cuervo (2008).

MATRIZ DE VALIDACIÓN DE FICHA DE REGISTRO DE LA VARIABLE TOMA DE DECISION MULTICRITERIO

Definición de la variable Toma de Decisión Multicriterio: La selección de un plan de mantenimiento idóneo para cada equipo o sistema es una labor bastante compleja. Se vuelve a estimar qué criterios son más importantes y cuáles son los más influyentes en las elecciones a tomar (Lima et al., 2019).

Dimensión	Indicador	Elemento	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
DIMENSION B	Toma de decisión Multicriterio	Tiempo de parada	1	1	1	1	Ninguna
		Costos operativos	1	1	1	1	Ninguna
		Costo de mantenimiento	1	1	1	1	Ninguna

FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	Equipo/ Tiempo de parada/ Costo operativo/ Costo de Mantenimiento
Objetivo del instrumento	Definir la Toma de decisión multicriterio
Nombres y apellidos del experto	Luis Felipe Heredia Sánchez
Documento de identidad	41667014
Años de experiencia en el área	11 años
Máximo Grado Académico	Ingeniero Mecánico
Nacionalidad	Peruano
Institución	Compañía Minera Sierra Central S.A.C
Cargo	Ingeniero Supervisor
Número telefónico	992137894
Firma	
Fecha	23 /11 / 2022


FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	Equipo/ Tiempo de parada/ Costo operativo/ Costo de Mantenimiento
Objetivo del instrumento	Definir la Toma de decisión multicriterio
Nombres y apellidos del experto	Carlos Arturo Paima Meza
Documento de identidad	40392232
Años de experiencia en el área	10 años
Máximo Grado Académico	Ingeniero Mecánico Eléctrico
Nacionalidad	Peruano
Institución	Petróleos del Perú S.A - Petroperú
Cargo	Supervisor de Mantenimiento
Número telefónico	966794330
Firma	
Fecha	10 /11 / 2022



Firmado digitalmente por:
PAIMA MEZA Carlos Arturo
FAU 20100128218 soft
Motivo: Doy V° B°
Fecha: 10/11/2022 10:00:00 AM

FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	Equipo/ Tiempo de parada/ Costo operativo/ Costo de Mantenimiento
Objetivo del instrumento	Definir la Toma de decisión multicriterio
Nombres y apellidos del experto	Luis Alberto Rabanal Cotrina
Documento de identidad	48114326
Años de experiencia en el área	4 años
Máximo Grado Académico	Ingeniero Mecánico Eléctrico
Nacionalidad	Peruano
Institución	JUCASA servicios generales EIRL
Cargo	Ingeniero Supervisor
Número telefónico	946794156
Firma	
Fecha	10 /11 / 2022

AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN DE EMPRESA

Yo Jenny Ampara Alva Roja, identificado con DNI 42067955, en mi calidad de Gerente general del área de calidad, producción y distribución de la empresa Cordon Blue con R.U.C 10420679551, ubicada en la ciudad de Lima.

OTORGO LA AUTORIZACIÓN,

Al señor Jose Luis Chunga Lau Identificado con DNI N°40594584; de la Carrera profesional Ingeniería mecánica eléctrica, para que utilice la siguiente información de la empresa:

Data de los equipos principales con la cual realizan los sus procesos de producción, información de base de datos de los reportes de fallas de los equipos, facilidades de ingreso a su área de producción para la interacción con los equipos en los momentos de producción y parada no planeada con la finalidad de que pueda desarrollar la Tesis para optar el Título Profesional.

Publique los resultados de la investigación en el repositorio institucional de la UCV.

Indicar si el Representante que autoriza la información de la empresa, solicita mantener el nombre o cualquier distintivo de la empresa en reserva, marcando con una 'X' la opción seleccionada.

Mantener en reserva el nombre o cualquier distintivo de la empresa; o

Mencionar el nombre de la empresa.



Mg. JENNY AMPARO ALVA ROJAS
C.P.C. N° 34760

Firma y sello del Representante Legal

DNI: 42067955

El Estudiante declara que los datos emitidos en esta carta y en el Trabajo de Investigación, en la Tesis son auténticos. En caso de comprobarse la falsedad de datos, el Estudiante será sometido al inicio del procedimiento disciplinario correspondiente; asimismo, asumirá toda la responsabilidad ante posibles acciones legales que la empresa, otorgante de información, pueda ejecutar.



Firma del Estudiante

DNI: 40594584



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, LUJÁN LÓPEZ JORGE EDUARDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Mantenimiento basado en toma de decisiones multicriterio para incrementar disponibilidad de equipos industriales en empresa de servicios alimentarios", cuyos autores son VELASQUEZ TERRONES FRANK ANTONY, CHUNGA LAU JOSE LUIS, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 30.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 06 de Diciembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
LUJÁN LÓPEZ JORGE EDUARDO DNI: 17897692 ORCID: 0000-0003-1208-1242	Firmado electrónicamente por: JLUJAN el 15-12- 2022 08:34:55

Código documento Trilce: TRI - 0475529