



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Gestión de mantenimiento basado en análisis multicriterio para
incrementar la disponibilidad y confiabilidad de equipos trackelss
en la unidad minera MARSA**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Mecánico Electricista**

AUTOR:

Orbegoso Alvares Roberto Winkler (orcid.org/0000-0002-2604-4680)

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 nuestros profesores por ser la guía y enseñanzas impartidas en la universidad durante la aventura estudiantil.

Nada de esto hubiera sido posible cada una de nuestras familias, padres, madres, hermanos y hermanas. 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.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras	v
Resumen	vi
Abstract.....	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA.....	18
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	18
3.2. Variables y operacionalización	19
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	19
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	20
3.5.- Procedimientos:.....	22
3.6. Métodos de Análisis de Datos	22
3.7. Aspectos Éticos	22
IV. RESULTADOS	23
V. DISCUSIÓN	59
VI. CONCLUSIONES	63
VII. RECOMENDACIONES.....	66
REFERENCIAS.....	67
ANEXOS	

Índice de tablas

Índice de gráficos y figuras

Ilustración 1 mantenimiento correctivo y preventivo	9
Ilustración 2, implementación del mantenimiento preventivo.	9
Ilustración 3 Disponibilidad versus confiabilidad.(%)	25
Ilustración 4. porcentaje de confiabilidad del equipo.	44
Ilustración 5, Disponibilidad proyectada aplicando el análisis multicriterio.	57

Índice de tablas

Tabla 1 Resumen de gestión de mantenimiento mensual septiembre 2022 de equipos Tracklees	23
Tabla 2 Relación de disponibilidad y confiabilidad de equipos Tracklees	24
Tabla 3 Estrategia de aplicación del análisis multicriterio.	26
Tabla 4. Gestión de mantenimiento mensual mes de octubre del 2022 una vez aplicado el análisis multicriterio.	42
Tabla 5. Confiabilidad y disponibilidad de los equipos una vez aplicado el análisis multicriterio.	43
Tabla 6 costo beneficio generado por mantenimiento antes de la aplicación del análisis multicriterio.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 7 costo de beneficio generado de la gestión de mantenimiento una vez aplicado el análisis multicriterio.	49
Tabla 8 confiabilidad proyectada aplicando el análisis multicriterio.....	58

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo la implementación una gestión de mantenimiento basada en el análisis multicriterio para incrementar la disponibilidad y confiabilidad de la maquinaria de minería de la empresa MARSA,

Para lograr dicho objetivo se realizó un estudio cuantitativo del tipo aplicada, diseño pre experimental longitudinal y de alcance correlacional causal. La población estudiada, conformada por empresas relacionadas a la actividad minera de la región La Libertad, la muestra fue de 7 equipos y unidad de análisis 7 equipo en base a que todos los equipos tienen que ser analizados debido a su secuencia en las actividades. Se determinó con la puesta en práctica de una herramienta de simulación de un software llamada Total Decision para generar la implementación de un plan de mantenimiento preventivo, por consecuencia del incremento de la disponibilidad entre el 89% y 95%, se evaluó el costo beneficio de implementar el plan el cual dio una disminución considerable para poner en practica la implementación de esta gestión de mantenimiento basada en el analisis multicriterio.

Se concluyó que al aplicar el análisis multicriterio nos permitió obtener la mejor decisión para mejorar la gestión de mantenimiento y mejorar así la confiabilidad y disponibilidad de los equipos.

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

Abstract

The present investigation had as objective the implementation of a maintenance management based on the multicriteria analysis to increase the availability and reliability of the mining machinery of the company MARSA,

To achieve this objective, a quantitative study of the applied type was carried out, with a longitudinal pre-experimental design and a causal correlational scope. The population studied, made up of companies related to mining activity in the La Libertad region, the sample was 7 teams and unit of analysis 7 teams based on the fact that all teams have to be analyzed due to their sequence in the activities. It was determined with the implementation of a software simulation tool called Total Decision to generate the implementation of a preventive maintenance plan, due to the increase in availability between 89% and 95%, the cost benefit of implement the plan which gave a considerable decrease to put into practice the implementation of this maintenance management based on multicriteria analysis.

It was concluded that applying the multicriteria analysis allowed us to obtain the best decision to improve maintenance management and thus improve the reliability and availability of the equipment.

Keywords: Multicriteria decision making, Availability, Cost benefit, maintenance management

I. INTRODUCCIÓN

El mantenimiento es hoy en día uno de los factores primordiales para la buena operación y desarrollo del proceso productivo o de servicio de plantas industriales y mineras. Este se puede dar por definido como el conjunto de actividades ejecutadas con el propósito de mantener en excelente condición de funcionamiento los bienes, equipos e instalaciones que posee una empresa, permitiendo así poseer la máxima disponibilidad y confiabilidad de estos para la producción.

Esta gestión contiene aquellas acciones consignadas a establecer objetivos y primacías de mantenimiento, las tácticas y los compromisos que se debe aportar mediante la planificación, sistematización y control de la realización de las actividades que contribuyan siempre a buscar un perfeccionamiento duradero y asumiendo en cuenta aspectos de orden económicos principales para toda organización. Es así como (Sánchez Altamirano, 2020) establece que una eficiente gestión en el mantenimiento, que considera la vida de cada equipo, debe efectuar como principal objetivo el de aminorar los costos generales de la producción, asegurando con ello el funcionamiento óptimo de la maquinaria y por ende su funcionamiento, haciendo con ello una disminución al máximo de los riesgos que se presenten tanto para los operadores como para el ecosistema generando también, tecnologías y acciones que sobrelleven la gestión de mantenimiento en la empresa.

En los actuales momentos existen una gran cantidad de empresas relacionadas al aprovechamiento minero en el país y en todo el mundo que están mecanizadas en su totalidad contando con maquinarias de excavaciones subterráneas como Scooptram, Empernador y Enmallador, jumbos frontoneros, Autohormigonera. Manipulador telescópico, Robot Shocretero, Desatador mecánico; los cuales deben tener un alto grado de confiabilidad y disponibilidad para poder efectuar apropiadamente los ciclos de mina y con ello impedir las interrupciones no programadas debido a los costos altos lo que generara que dichas empresas dejen de producir, y generan lucro cesante (Muñoz Muñoz, 2018).

Para que esta confiabilidad y disponibilidad ocurra, el área de mantenimiento responsable de esta maquinaria debe utilizar diferentes registros y habilidades para

mantener estos niveles en los equipos, por lo que se ha tomado en cuenta la implementación de un plan de Gestión de Mantenimiento basado en el análisis multicriterio a los equipos para mejorar su funcionamiento y rendimiento durante la producción, debido a que presenta una ineficacia con respecto al manejo de la información y el orden de las actividades que según prioridad deben realizarse para lograr así la buena gestión que requiere la organización (Chávez y Huamaní, 2018).

Es por ello que se debe conocer que el autor (Muñoz Muñoz, 2018) refiere que el área de la minería subterránea los equipos se utilizan para trabajos de rigor, asumiendo situaciones contrarias de situación de trabajo, medio de roca, presencia de agua, climas altos, así como áreas de labor definidos. En este contexto intercede la mano humana para advertir que estas maquinarias no fallen y conserve un invariable recurso mecánico para resguardar la solicitud de actividades por ciclos de temporal, mediano y prolongado plazo que han sido determinados concretamente en la proyección de la manufactura.

Por todo ello, la gestión del mantenimiento se convierte en un enérgico constituyente de competencia cuya jerarquía en el contorno industrial asciende día a día. Es por este motivo debe conceptualizar y de hallar los métodos precisos para dar paso a paso a una adecuada gestión de mantenimiento en el área minera.

La empresa estudiada forma parte del conjunto de empresas que generan servicio como empresas mineras para la excavación subterráneas horizontales. Teniendo su sede principal en Lima y sus operaciones en la unidad minera MARSA (Minería Aurífera Retamas S.A). De manera específica en esta unidad de operación se viene presentando diversos problemas relacionados con la confiabilidad y disponibilidad de la maquinaria utilizada para el servicio lo que ha generado una disminución de prestación del servicio, lo que interfiere con nivel de confiabilidad de la empresa y por ende con la productividad y eficiencia de la misma.

Este problema se puede generar porque en el área de mantenimiento hay una deficiencia con la gestión de planeamiento en el mantenimiento de los equipos de la empresa. Ya que solo se está basando en realizar el mantenimiento correctivo manual y de manera eventual el mantenimiento preventivo, sin utilizar otro tipo de análisis para poder prever posibles fallas y paradas en el futuro. Es por eso que al realizar un

planteamiento basado en el análisis multicriterio nos dará un mejor control y mejor disponibilidad y confiabilidad en los equipos. De ello, este estudio es importante porque permite conocer cuáles son las verdaderas vertientes que deben tomarse en cuenta en la industria minera para que sus equipos sean gestionados en su mantenimiento en una forma eficiente, manteniendo así su vida útil de servicio, así como reflexionar sobre la importancia de la gestión de mantenimiento en toda empresa para lograr su eficiencia y productividad de alto nivel.

De igual forma se da a conocer como se usa el análisis multicriterio en la toma de decisiones correctas para fines de incremento o elevación de un indicador de mantenimiento en cada uno de los equipos o maquinarias disponibles para la ejecución del proceso productivo.

Es por ello que se planteó como problema de investigación general la siguiente pregunta: ¿En qué medida la propuesta de la aplicación del análisis multicriterio a la gestión de mantenimiento puede incrementar la disponibilidad y confiabilidad de la maquinaria de minería en la empresa MARSА? Y de manera específica se planteó las preguntas: ¿Cómo optimizar la gestión de mantenimiento a través del correcto análisis multicriterio de las herramientas estratégicas de confiabilidad y disponibilidad de la maquinaria de minería en la empresa MARSА? ¿De qué manera se puede mejorar la confiabilidad y disponibilidad de la maquinaria de minería en la empresa MARSА?

Siendo su justificación práctica fundamentada en que con el desarrollo de dicho tema se conocerá lo último relacionado a la gestión de mantenimiento a este tipo de maquinaria y su funcionamiento completo con miras a mantener su nivel de producción latente. Así mismo esta información será de suma importante para elevar el nivel de conocimiento que como profesional cada investigador debe poseer para ser eficiente y productivo.

Así mismo se justifica esta investigación según el contexto social, porque al haber una gestión de mantenimiento eficiente en la maquinaria de minería, el personal que allí labora se sentirá seguro a la hora de utilizarlas.

Basado en lo anterior, el presente estudio se realiza con el objetivo general de implementar una gestión de mantenimiento basada en el análisis multicriterio para incrementar la disponibilidad y confiabilidad de la maquinaria de minería de la empresa

MARSA, siendo los específicos: Evaluar la gestión de mantenimiento actual de los equipos de minería subterránea de la empresa MARSA; aplicar el análisis multicriterio a la gestión de mantenimiento; determinar la disponibilidad y confiabilidad en los equipos una vez aplicado el análisis multicriterio a la gestión de mantenimiento. Evaluar costo beneficio de la implementación de dicho proyecto.

La hipótesis general planteada en el presente estudio expresó que la gestión de mantenimiento basada en el análisis multicriterio influye en el aumento de la confiabilidad y disponibilidad de la maquinaria de minería en la empresa MARSA.

II. MARCO TEÓRICO

Una vez identificada la realidad problemática y con el propósito de establecer el desarrollo de la investigación, se seleccionó una recopilación de los trabajos más resaltantes relacionados al mismo:

Entre una búsqueda más precisa de investigación y contribuciones de nivel internacional, se ha tomado en cuenta a (Muñoz Muñoz, 2018) quien realiza una gestión de mantenimiento en equipos de uso minero con el fin de reducir las horas de parada por fallas de funcionamiento. En lo que se estableció que frente a lo exigido en el proceso este tipo de paradas se pueden advertir con apoyo de recursos experimentados y con logístico, si y sólo si trabaja con eficacia en lo que respecta a naturalidad, aclamación y compromiso en todas las plazas de la unidad operacional, como son: recursos humanos, mantenimiento, logística y la gerencia como empresa especialista, puede relacionar de manera excelente la fracción operativa y mantenimiento con el propósito de efectuar los objetivos proyectados en la producción.

De igual forma se tiene a (Quezada y Torres, 2019) realizó la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) para incrementar la efectividad en el área de mantenimiento de una empresa de transporte, estableciendo primeramente un diagnóstico actual de la zona de mantenimiento de la empresa, seguidamente se hizo una revisión de la información de las unidades vehiculares en donde se detectó el incremento progresivo de las fallas a través de los años. Luego, se aplicó la metodología MCC al total de las unidades vehiculares para recolectar y analizar la información en una hoja de resultados. De este modo se dio como resultado que con la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad MCC se logró incrementar en un 52% la eficiencia, eficacia y efectividad de las unidades vehiculares. Es otro modo quiere decir que, al implementarse esta tecnología del mantenimiento, la confiabilidad y la disponibilidad de servicio mejora, lo que resulta efectiva en la calidad de servicio prestado que la empresa quiere ofrecer, garantizando la productividad y atención óptima del vehículo y la satisfacción del servicio para el consumidor.

Así mismo se tiene a (Velez, 2019) quien realizó en Colombia una investigación sobre el análisis multicriterio como herramienta para seleccionar alternativas viables

para el desarrollo de sostenibilidad energética. Expresando que identificar la fuente energética más sostenible ayuda al proceso productivo en cualquier campo de acción desde el nivel económico, técnico y ambiental.

Otro autor (Ramírez, 2019) realizó en Colombia una investigación relacionada al mantenimiento óptimo de las unidades de generación eléctrica considerado bajo la toma de decisiones multicriterio, en donde para elegir la medida final del problema planeado, adiciona diversos criterios y métodos de toma de decisión que permiten escoger como repuesta final la implementación de la técnica híbrida porque es la que mejor se adapta a los requerimientos que el mantenimiento óptimo requiere en las unidades de generación eléctrica.

En otra investigación internacional tenemos a (SYAN y RAMSOOBAG, 2019) desarrollaron un estudio en la India cuyo objetivo es dar la mejor decisión en relación a los puntos de los inconvenientes que se generan en la gestión de mantenimiento basado en la Optimización del Multicriterio (MCO) incluyeron una verificación de 150 publicaciones en dicho estudio, aplicando para ello la técnica MADM (Toma de decisiones de atributos múltiples. En donde se encontró que, al razonar el punto de vista general, las técnicas y los instrumentos considerados para probar tales procesos y estimar las debilidades y fortalezas para lograr la mejor toma de decisiones y elegir las técnicas y herramientas adecuadas para llevar a cabo el proceso de mejora. Los últimos años han indicado que existe un desvío de la mejora de criterio distintivo en el mantenimiento y un requisito para la optimización del Multicriterio. Además, la introducción de las predilecciones de los tomadores de decisiones mientras se forjan tales cambios dejará deferencias de optimizaciones de multicriterio de mantenimiento más competentes y seguras.

Por otro lado, a nivel nacional se tiene a (Galloso Zamir, 2020) con una revisión sistemática sobre la gestión de mantenimiento y la disponibilidad de maquinarias en minería. En donde analiza patrimonios cualitativos y cuantitativos de estudios para dar a conocer cómo influye una buena gestión de mantenimiento en la disponibilidad de equipos por medio de la aplicación del tipo de mantenimiento adecuado para ellos según sea su especificación.

En Bagua Grande, Perú (Tarrillo Santa Cruz, 2020) se realizó una proposición

de plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada. Después de identificar que los mantenimientos se llevaban a cabo de manera inesperada obedeciendo solamente trabajos correctivos, se planteó un plan de mantenimiento asentado en la valoración de indicadores. Los resultados obtenidos por la implementación y ejecución del plan de mantenimiento preventivo mejoraron la disponibilidad de máquinas en un 95% y la confiabilidad en un 99%. El análisis económico arrojó un TIR del 25% y un VAN de S/256 770.71.

Así mismo el autor (Padrón y Mayhua, 2022) realizó una investigación sobre el mantenimiento y su gestión en una empresa de carácter minera para optimizar la disponibilidad y productividad de los equipos. En la cual mediante la observación y estudios de datos recolectados identifico la situación por la cual los niveles de disponibilidad y productividad se encuentran en nivel bajo. Por ello al desarrollar el Mantenimiento productivo total como base en la gestión se mejoró notablemente los indicadores de mantenimiento antes establecidos.

Con el propósito de profundizar en las variables adeptas al área de estudio se realizó una investigación bibliográfica donde (Rivera, Letelier y Acevedo, 2019) define al mantenimiento como la correlación de sistematizaciones y ordenamientos que tienen como resultado la reparación y atención de uno o más aparatos para que desempeñen las situaciones para los que fueron creados o adquiridos. Esto para muchas estructuras se presenta como un asunto que se localiza sumergido en la rapidez productora por lo que es inadvertido y se restringe simplemente a encarar en las tareas correctoras.

Para (Flores, Medina y Vargas, 2020) Una gestión de mantenimiento tiene el fin de conseguir que los niveles determinados de disponibilidad para el funcionamiento eficiente de los equipos sean apoyados por las destrezas de las personas, la inyección de recursos, activos, inspecciones y uso de equipo de gestión con el propósito de acrecentar las cotas de producción para evitar así gastos que interfieran en los fines propuestos.

La creciente solicitud de servicios por parte de los consumidores ha sobrellevado a las estructuras productivas a al menos salvaguardar su desplazamiento productivo para satisfacer la demanda, aumentarla y estimular a estas empresas al

límite de sus capacidades. Para satisfacer esta demanda, los equipos industriales, juegan un rol fundamental y crítico para sacar adelante las tareas. La sola suspensión de algún dispositivo por deterioro causa millonarias pérdidas, afectando un sin número de elementos de la empresa, y costando millones más en la solución.

Por eso, el mantenimiento de los equipos es un aspecto crítico en el cual las empresas cada vez aplican más procesos y técnicas para ampliar el rendimiento y disminuir el riesgo de falla.(Flores, Medina y Vargas, 2020)

Así mismo, los indicadores de gestión de mantenimiento son especificaciones utilizados a nivel mundial con cierto nivel de significado, son muy poderosas para la medición del desempeño de los activos de una empresa mostrando con ello el control y el aumento de la eficiencia. Estos tienen su plataforma para acrecentar la confiabilidad de una máquina y obtener así la planificación adecuada y efectiva, estableciéndose también en el análisis del mantenimiento, sus costos y la predisposición de disponibilidad que tiene la máquina, y con ello determinar la eficiencia del mantenimiento(Zambrano-Ascencio y Pérez-Guerrero, 2021)

En relación al mantenimiento se tienen diferentes tipos, para ello (Rivera, Letelier y Acevedo, 2019) establece que el mantenimiento correctivo que se realiza en aquellas máquinas que han presentado falla anteriormente o que han dejado de funcionar. Al realizar este mantenimiento correctivo se considera de actitud pasiva en relación al estado de los equipos, esto en determinadas ocasiones es aceptable en equipos que posee un funcionamiento constante o que no afectan directamente el proceso productivo.

En este orden, otro tipo es el preventivo que es aquel destinado al resguardo de mecanismos o infraestructuras por intermedio de la exploración y reparación que autentiquen su movimiento eficaz y la fiabilidad en el transcurso de su vida útil. Este proceso es realizado en dispositivos en contextos de operatividad, muy disímil al mantenimiento correctivo que hace reparaciones a aquellos aparatos que están en parada presentan averías en su haber.(Rivera, 2019)

El objetivo es que las maquinarias o las instalaciones de la planta estén utilizables en todo momento para que su rentabilidad sobre la inversión total de la maquina sea el establecido. Se utiliza considerándose en primer lugar una práctica de

transformación de partes inservibles del equipo, presentándose algunas actividades de este mantenimiento como lo son: las calibraciones, los ajustes, limpieza de sistemas, medición de nivel de aceites, lubricación de partes, reparaciones mínimas, canjes de piezas, etc.

Ilustración 1 mantenimiento correctivo y preventivo

		Correctivo	Inmediato
			Diferido
Mantenimiento	De conservación		
		Preventivo	Programado
			Predictivo
			De oportunidad
	De actualización		

Fuente: Rivera, 2019

Ilustración 2, implementación del mantenimiento preventivo.



Fuente: Rivera, 2019

Otro tipo de mantenimiento se conoce como el predictivo, que es una práctica cuyo objetivo es predecir el espacio expectante de avería de un elemento de un aparato, de manera que ese elemento pueda ser reemplazado, basado en un procedimiento, antes de que este se averíe. Así, el tiempo muerto del aparato se disminuye y el tiempo de vida de cada uno de ellos se extiende (Sánchez Altamirano, 2020)

El automatismo del mantenimiento predictivo reside en implantar una

representación auténtica de la correspondencia entre la variable escogida y la vida del elemento que se prefirió. Esto se consigue mediante la adquisición de leyendas como, la temperatura o la vibración de un cojinete, en momentos repetidos de tiempo hasta que el elemento falle.

Así mismo se encuentra el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC) que es un modo que se usa para establecer un plan procedimental de la gestión de mantenimiento en una estructura y enfatizar unos puntos significativos de provecho sobre otras rutinas que deben ser perennes en su manufactura. En primera instancia se creó para la aeronáutica, en el que no se consiguieron los resultados más agradables en relación a la seguridad de la ruta aérea. Más tarde se introdujo al campo militar y subsiguientemente al rubro industrial, tras demostrar los buenos propósitos que había exhibido. En la actualidad es usado en diversos niveles industriales como: automotriz, producción, etc. (Quezada y Torres, 2019).

Los indicadores de mantenimiento son series que destacan a partir de los cálculos establecidos a los dispositivos, los resultados obtenidos expresan la etapa actual en el que se encuentra un equipo, es así como la información recolectada es de valiosa importancia para la evaluación de los costos, el establecimiento de los tiempos perdidos en reparación. Entre los primordiales indicadores de mantenimiento se encuentran: disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad(Quezada y Torres, 2019)

Disponibilidad: Es la oportunidad de que un equipo se halle en excelente estado para su rutina en el tiempo que sea solicitado. Para evaluar estos cálculos en base a la disponibilidad se calcula el tiempo promedio entre fallas (TPEF) y el tiempo promedio para reparar (TPPR) (Sánchez Altamirano, 2020)

El tiempo promedio entre fallas es el punto de tiempo desde que se puso en marcha la máquina hasta el momento que acontece una falla. Mientras más alto sea el resultado mayor será el índice de disponibilidad del equipo.

Para calcular el TPEF se usa la siguiente fórmula: (Sánchez Altamirano, 2020)

TPEF: Tiempo promedio entre fallas.

$$TPEF = \frac{\Sigma TEF}{N^{\circ} fallas} \left(\frac{horas}{falla} \right)$$

TPPR: Tiempo promedio para reparar.

$$TPPR = \frac{\Sigma TPR}{N^{\circ} fallas} \left(\frac{horas}{falla} \right)$$

Para calcular la disponibilidad se tiene:

D = Disponibilidad.

$$D = \frac{TPEF}{TPEF+TPPR} * 100\%$$

Confiabilidad:

Es la oportunidad de que un dispositivo desarrolle su oficio solicitado por un tiempo explícito en contenidos climáticos, de operación, etc. Sin que exista alguna avería. Para calcular la confiabilidad se utiliza el tiempo promedio entre fallas de cada uno de las maquinarias que se desea analizar (Quezada y Torres, 2019)

La fórmula de la confiabilidad es:

$$\lambda = \frac{1}{TPEF}$$

En la fórmula λ es la tasa de fallas y el tiempo promedio entre fallas (TPEF) se enuncia horas/falla. Primeramente, se calcula la tasa de fallas, este cálculo se consigue al dividir 1 entre el tiempo promedio entre fallas (TPEF).

Luego se estima un tiempo expresado en horas, a continuación, se calcula la confiabilidad (Quezada y Torres, 2019)

$$C = e^{\frac{-\lambda * t}{100}}$$

En cuanto a la variable de análisis multicriterio (Ferrera, Javier y Teresa, 2018) que es una técnica sencilla que consiste en precisar y calificar los criterios escogidos, para evaluar y comparar alternativas, con el fin de escoger la mejor alternativa basado en los criterios establecidos.

El análisis multicriterio surge a partir de la Teoría de la Decisión, que analiza en relación a la manera en la cual los individuos toman decisiones dentro de un acumulado de eventos anteriormente determinadas. Estos se originaron en la psicología y economía, con la finalidad de conocer los módulos cognoscitivos implicados en la toma de decisiones en el contenido de la razón del consumo. (Shehnaz, Farhad y Zuhaib, 2019).

Al observar y enfatizar la disposición de esta metodología se ha ido utilizando en diferentes niveles, siendo una la toma de decisiones en la gestión del mantenimiento y áreas industriales ecológicas.

Dado que el mantenimiento se debe ejecutar sí o sí, algunas interrogaciones que surten son: ¿Cuál es el mantenimiento de los equipos más críticos para el proceso?, ¿Cuáles son aquellos equipos que necesitan mantenimiento en el corto plazo? Las contestaciones a estas dudas muchas veces difieren entre los operarios que viven en el día a día con las maquinarias y el gerente o supervisor a cargo del área, puesto que el mismo inconveniente lo ven desde diferentes puntos de perspectiva que son totalmente legítimos. El desafío no es anular las actitudes de los representantes, sino encauzar ese conocimiento y proporcionar el entendimiento para llegar a los convenios necesarios para su optimización (Sarango y Hernández, 2018).

Según (Ferrera, Javier y Teresa, 2018) al aplicar esta teoría en los distintos niveles se hizo necesario la concepción, implementación y perfección de las técnicas aplicada en la toma de decisiones, siendo una de ellas es TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) que consiste en la ejecución de una serie de procedimientos en secuencia(siete en total, cuyo objetivo es escoger dentro de un conjunto limitado de opciones aquella que guarde paralelismo entre los

niveles existentes entre la peor y la mejor opción para la solución del problema de decisión establecido. Estos procedimientos son ejecutados a través de la implementación de un software que ayuda escoger la mejor decisión con respecto al problema para el cual se utiliza.

Es así como el mismo autor establece siete etapas generales del proceso, que se dan según las especificaciones del problema, las cuales son:

Etapa 1: Delimitación del contexto de evaluación.

Según (Ferrera, Javier y Teresa, 2018) al iniciar el análisis se asegura de que vaya a analizar el problema real. Es decir, entender cuál es el problema real y asegurarse de que se esté en un análisis estratégico cuando el problema es táctico, o en la causa real del problema.

Etapa 2: Identificación de los criterios de evaluación.

Los criterios de evaluación son los elementos que se utiliza para calcular las iniciativas que se tienen en relación a la solución del problema. Una vez que se delimite el argumento de decisión, se redacta los contenidos referidos en carácter de objetivos primordiales. (Ferrera, Javier y Teresa, 2018).

Etapa 3: Construcción de las escalas de evaluación.

Los criterios de evaluación deben poseer una escala, la cual estará expresada en una unidad de medida específica que nos acceda a dar a conocer el servicio de una elección con relación a un criterio ofrecido, esta se conoce como indicador.

Etapa 4: Construcción de las funciones de valor.

Esta es una herramienta que autoriza a convertir el desempeño en un valor y tomar la decisión en relación al valor que da una opción determinada y no solo en términos de su desempeño. Esto es solo una función de dos variables, valor y desempeño.

Etapa 5: Ponderación de las escalas de evaluación.

La forma correcta de admitir y concretar la jerarquía concerniente entre criterios es en procesos de escala constantes en las cuales se debe identificar dos niveles de referencia, los cuales son definidos de manera precisa y clara, sin caer en imprecisiones.

Etapa 6: Evaluación de las opciones

Una vez que se tiene concretado todos los criterios con sus escalas establecidas, ponderaciones y funciones de valor, se insta que el problema tiene una solución y está en óptimo resultado, siempre apreciando que la decisión que se tome de ningún modo será superior que la mejor de las elecciones que se están tomando en cuenta. Por lo tanto, para tener una mejor decisión se debe realizar una evaluación exhaustiva de todas las opciones que se tengan. Dicho de otra manera, se debe utilizar el modelo que se ha creado para dar un valor numérico que permita hacer comparaciones entre las opciones de cantidad y así verificar si es la óptima decisión, o pueden ser transformadas e incluso reconocer a otro como una mejor opción. Esta es la auténtica esencia y ventaja del análisis multicriterio.

Etapa 7: Realización de análisis de sensibilidad y de robustez

En este proceso poseer un cierto nivel de incertidumbre es esencial a todo proceso de evaluación. Por lo tanto, es indispensable que, en la secuencia de las diferentes etapas del proceso, se tome nota de todos aquellos elementos que producen incertidumbre. Para estos elementos, de cuyas cifras no se tiene seguridad, se debe poner un límite a su nivel razonable de variación y realizar de nuevo los cálculos del modelo para corroborar si la alternativa que se tiene seleccionada sigue siendo la ideal a pesar de la variabilidad ocurrida de estos factores.

Otro autor (Ruiz, 2019) determina el análisis multicriterio a través de una aplicación práctica de un software llamado Total Decisión para el análisis y priorización de distintas actividades de mantenimiento industrial. Esta es una herramienta que canaliza el conocimiento de los expertos de las empresas con el fin de facilitar una toma de decisión informada y bien analizada, agilizando encontrar el alineamiento de las alternativas ante los objetivos perseguidos.

Sin embargo, este alineamiento (y primer análisis) es solo una fotografía del momento en el cual se hacen los estudios, excluyendo la variabilidad e incertidumbre propia por no poseer toda la información requerida o por la visión que pueden tener los expertos en el análisis. Es así como al aplicar esta herramienta permite incorporar la variabilidad e incertidumbre propia de la entrada de datos, y realizar simulaciones a través de Monte Carlo, con el fin de mostrar la predisposición en la alineación y nivel

final de los resultados. Es así que esta herramienta aplica este análisis multicriterio a través de los siguientes pasos:(Ruiz, 2019).

1.- Marco de trabajo

Es una guía de carácter no estricto en donde se especifica el proceso completo de la toma de decisiones a realizar, desde la preparación del proyecto de decisión (su alcance), la selección del comité de análisis de la decisión hasta la toma de decisión como tal.

El propósito es proceder al proceso de toma de decisiones a través de pasos secuenciales y coherentes entre sí, brindando un soporte robusto a los equipos de las organizaciones que deben analizar y dar un veredicto con respecto a la decisión a tomar.

Es así que al realizarse dicho marco los procesos de color rojo son aquellos que se realizan a través del software Total Decisión, mientras que los de color gris no requieren el uso del software Total Decisión y son responsabilidad del jefe de proyecto de decisión o del equipo de análisis de la decisión.

2.- El modelo de decisión:

En esta parte se reúne a los expertos del área de mantenimiento y a través de encuestas y entrevistas se encuentra una serie de factores críticos que inciden directamente en una priorización de carácter técnico, pero al mismo tiempo, estratégico para el proceso.

La creación del modelo de decisión debe ser realizada por el panel de expertos (equipo de análisis de la decisión) y es la etapa más importante puesto que el análisis se basa completamente en el modelo propuesto.

3- La ponderación de criterios y valoración de alternativas:

Después de la creación del modelo, el paso a seguir es determinar la importancia relativa de cada uno de los criterios del modelo. Esto ayuda, a los distintos grupos de interés, a acordar o llegar a un consenso sobre la importancia de los criterios y también, a definir y entender cuáles son aquellos criterios que más incidirán en la decisión.

Esta herramienta Total Decisión permite que cada colaborador pueda integrar sus predilecciones en los criterios a través de cotejos por pares con el fin de alcanzar los pesos relativos de cada criterio. Después, el software se encarga de esquematizar los juicios de todos los colaboradores y determinar los pesos relativos de los criterios que son producto de todos los colaboradores.

El software también muestra la priorización global (la combinada de todos los participantes) y la individual, facilitando el entendimiento del problema y conociendo cuáles son los criterios que más importan dentro del modelo.

Si no hay acuerdo entre la prioridad alcanzada y la esperada, el proceso se puede reiterar. Después del convenio entre los interesados, lo siguiente es apreciar cada opción frente a estos criterios.

4- El resultado preliminar:

En la herramienta Total Decisión se facilita la lectura final de los resultados a través de gráficos conexos. El primero es la priorización del resultado de las alternativas en el modelo completo. En la mayoría se utiliza una escala común para valorar las alternativas en todos los criterios, por lo que la lectura final de los resultados es muy fácil.

Otro análisis significativo es poder cotejar la priorización de estas alternativas según cada colaborador y prestar atención y razonar la manera en las cuales cambian estas prioridades según cada colaborador o bien, para así determinar en cuáles existiría una prioridad común.

Para esto se aplica el análisis de sensibilidad que es una significativa herramienta que permite prestar atención de modo gráfico el comportamiento de la prioridad de las opciones cuando se cambia el peso de los criterios. Es una herramienta para analizar las opciones ante las diferentes escenas posibles.

5- El riesgo e incertidumbre en el análisis:

Una dificultad en el análisis es cómo incorporar el rango de los datos que se produce entre los distintos colaboradores, puesto que todos tienen una manera distinta de ver el problema, en esta herramienta incluye la metodología Monte Carlo para realizar un análisis cabal y anexar estas diferenciaciones derivadas en los datos

ingresados. Los resultados derivados son distribuciones de probabilidad de cada una de las alternativas.

Así mismo, La tabla de resultados permite comparar el valor de la media obtenida de la simulación con el valor discreto de priorización anteriormente obtenido y las distribuciones de probabilidad permiten ver el resultado de la media alcanzada por la simulación y comparar concisamente ese valor con el valor discreto alcanzado en el análisis preliminar.

Para la presente investigación utilizaremos dicha herramienta debido a que es la que mejor se adapta al propósito de la misma, es decir implementar una gestión de mantenimiento basada en el análisis multicriterio en los equipos trackles de una unidad minera Marsa.

III. METODOLOGÍA

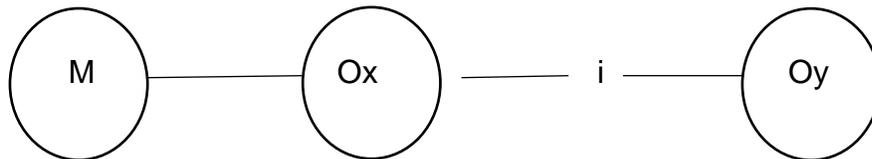
3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación: Con las particularidades que muestra el estudio se considera de tipo aplicada, porque congrega tecnología de investigaciones de diversas medidas que enlazaran a la toma de decisiones en relación a la gestión de mantenimiento basado en multicriterio para incrementar la disponibilidad y confiabilidad de maquinaria de minería.

Dicha investigación está basada en un enfoque cuantitativo debido a que posee una hipótesis en estudio y se realiza la recolección de datos para luego ser análisis de una manera estadística.

Diseño de investigación

La investigación se presente con un diseño pre- experimental debido a que no se asumió control sobre las variables de estudio, siendo de tipo transversal debido a que su análisis fue realizado en un solo momento. Teniendo para ello un alcance explicativo, debido a que se buscó las causas y la asociación entre variables para luego generar una explicación al respecto.



Donde:

M: es la muestra

Ox: Es la observación de la variable gestión de mantenimiento análisis multicriterio.

Oy: Es la observación de la variable indicadores de mantenimiento: confiabilidad y disponibilidad.

I: Incidencia del análisis multicriterio en la gestión de mantenimiento.

3.2. Variables y operacionalización

Variable 1: Gestión de mantenimiento basado en el Análisis multicriterio

Es la variable independiente de nivel cuantitativo. Para (Sarango y Hernández, 2018) es un procedimiento que ayuda a situar la toma de decisiones en varios ítems que tienen alguna entidad en común, en las que los que solventan incluyen ya sea en argumentos prospectivos o retrospectivos. Todos los informes relacionados al plan tienen que arrojar un juicio. (Anexo nº 1)

Variable 2: Indicadores de mantenimiento

Variable dependiente en la investigación, de categoría cuantitativa. Para (Arango, 2020) estos indicadores son para evaluar como cumplen los activos de una empresa y muestran cómo se esforzaron para poder controlarlos y aumentar su eficiencia. Estos tienen su plataforma en los fines de aumentar la confiabilidad y la planificación apropiada y experta, estableciéndose la base del análisis del mantenimiento, sus costos y la tendencia de disponibilidad los cuales se recomiendan tomarlos en cuenta para determinar la eficiencia del mantenimiento. (Anexo nº 2)

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

Población:

Está conformada por todas las empresas de servicios de excavaciones subterráneas horizontal en unidades mineras existentes en el Perú.

Criterios de inclusión:

Las empresas de servicios de excavaciones subterráneas horizontal en unidades mineras existentes en el departamento de la Libertad.

Criterios de exclusión

Las empresas de servicios de excavaciones subterráneas horizontal en unidades mineras que no pertenezcan al departamento de la Libertad.

Muestra:

La muestra para la reciente indagación serán los equipos Tracklees existentes en la unidad minera MARSÁ como: Scooptram, Empernador, Jumbos

electrohidráulico, Autohormiguera, Manipulador telescópico, Robot Shocretero, Desatador mecánico.

Muestreo:

Se tomará como muestreo para la presente investigación la misma muestra que se posee, debido a que todos los equipos son parte importante de la secuencia del proceso productivo en la empresa.

Unidad de análisis: Scooptram, Empernador, Jumbos electrohidráulico, Autohormigera, Manipulador telescópico, Robot Shocretero, Desatador mecánico.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas de Recolección de Datos

Para (Arias y Covinos, 2021) las técnicas de recolección de datos representan la parte indeterminada para la toma de información necesaria para realizar una investigación, es decir al utilizar las técnicas para la obtención de datos, se determinan de igual forma los instrumentos a emplearse para hacer es esta recolección sea registrado de una manera eficiente para su posterior estudio.

Para(Hernández-sampieri, 2018) Las técnicas e instrumentos de recolección de datos son las herramientas que sirve de apoyo a investigador por medio de la recaudación de ayuda de información principal sobre un fenómeno o acontecimiento que se puede observar o registrar según sea el caso con características, hechos, comportamientos, que observable puedan ser de importancia para el investigador.

Así mismo, (Hernández-sampieri, 2018) puntualiza a los instrumentos como los recursos que son operados con el propósito de registrar datos para posteriormente analizados, procesados obteniéndose la información necesaria para el estudio que se tomaron.

Para el presente estudio se tomaron en cuenta las siguientes técnicas e instrumentos: (anexo nº 3)

3.4.1.1. Observación

Mediante la práctica se conseguirá llevar un registro de los procesos de cada una de las acciones de mantenimiento establecidas para los equipos en la empresa

minera MARSA.

3.4.1.2. Revisión documentaria

La presente práctica se realiza con el propósito de conocer los planes de mantenimiento que se realizan para cada uno de los equipos presentes

3.4.1.3. Encuesta:

Se ejecuta la encuesta a los colaboradores de las áreas de mantenimiento y logística que realiza las operaciones para la empresa minera MARSA.SAC.

3.4.1.3. La entrevista:

Se realizaron reuniones de trabajo en las diferentes áreas implicadas en las labores de mantenimiento.

3.4.2. Instrumentos de Recolección de Datos

3.4.2.1. Hoja gráfica de Operación

El documento registral de operación de los equipos de la empresa minera MARSA se utilizará para registrar las horas de actividad, horas de parada, número de desperfectos y lapso de reparación en cada maquinaria.

La hoja gráfica está constituida por 2 actividades, una registra la información de los datos de la maquinaria que se produce el control, en la segunda parte se escribe las medidas de operación de las maquinarias de la empresa, tiempo de parada, número de paradas programadas y no programadas, entre otros. (anexo nº 4y 5)

3.4.2.2. Hoja gráfica documentaría

Estas hojas contribuyen con información registral de los distintos escritos que serán consultados referentes a las especificaciones técnicas de la maquinaria y su control. (anexo nº 6)

3.4.2.3. Cuestionario:

En este instrumento se dará conocer el proceso de mantenimiento que realizan cada uno de los operarios.(Anexo nº 7).

3.4.2.4. Guia de Entrevista:

Con este instrumento se dará a conocer la información que tienen al respecto, los operarios y supervisores de la empresa en el área de mantenimiento con relación a la gestión de mantenimiento basado en el análisis multicriterio.(anexo nº 8)

3.5.- Procedimientos:

En este proyecto se pretende evaluar la confiabilidad y disponibilidad de la maquinaria minera a través de la gestión de mantenimiento basado en un análisis multicriterio para ello se realizará primeramente una evaluación de la gestión de mantenimiento actual de los equipos de minería subterránea, para luego aplicar el análisis multicriterio a la gestión de mantenimiento. Seguidamente se determinará la disponibilidad en los equipos una vez aplicado el análisis multicriterio a la gestión de mantenimiento y por último se determinará la confiabilidad en los equipos una vez aplicado el análisis multicriterio a la gestión de mantenimiento y finalmente evaluar el costo beneficio de la implementación de dicho proyecto a través de la evaluación técnica de los simuladores y la parte económica con los precios establecidos para ellos.

3.6. Métodos de Análisis de Datos

Para la recolección de datos y su respectivo análisis se dará ejecución a estudios, simulacros y registro de ensayos en diferentes segmentos de la maquinaria con el propósito de certificar una data que permita calcular la situación problemática y plantear medidas de solución.

3.7. Aspectos Éticos

Medioambiente: La presente investigación por ser en forma digital no presenta ningún agente agresor al medio ambiente.

Confidencialidad: La información que se obtiene de la empresa muestra de esta investigación se dará con la debida confidencialidad respetando y manteniéndose reservado los datos confiados por la misma al investigador.

Objetividad: Para poder establecer verdaderos mecanismos de solución que permitan aminorar la problemática, los datos o la recolección de ella, será objetiva.

Originalidad: Toda la información establecida en la presente investigación se ha recabado e interpretado de forma originales, por lo tanto, no hay establecida una copia fiel y exacta de ella.

Veracidad: los datos específicos en la presente investigación son fidedignos, propios y de orden verdadero, permitiéndose con ellos realizar una investigación científica de nivel académico universitario y científicos.

IV. RESULTADOS

Luego de la aplicación de los instrumentos para la recolección de datos, se tomaron en cuanto los resultados obtenidos para conocer la gestión de mantenimiento basado en el análisis multicriterio, para ello se encontraron los siguientes resultados:

Objetivo específico n 1: Evaluar la gestión de mantenimiento actual de los equipos de minería subterránea de la empresa MARSA.

En esta primera parte se realiza la evaluación del funcionamiento de la gestión de mantenimiento en los equipos seleccionados como muestra: Scooptram, Empernador, Jumbos electrohidráulico, Autohormigera, Manipulador telescópico, Robot Shocretero y Desatador mecánico.

Para ello se toma como referencia el resumen de gestión mensual mes de septiembre del 2022 del mantenimiento de cada uno de los equipos que forman parte del proceso, en donde se evalúa, las horas diésel, horas de persuasión, honorometro eléctrico, horas trabajadas, número de paradas, horas de mantenimiento correctivo, horas de mantenimiento correctivo, horas mantenimiento preventivo, horas de mantenimiento programado, horas de inspección, horas de daños operacionales, en donde se establece el porcentaje de Disponibilidad mecánica real y el porcentaje de utilidad del equipo. Dichas especificaciones se establecen a continuación en la siguiente tabla 1:

Tabla 1 Resumen de gestión de mantenimiento mensual septiembre 2022 de equipos Tracklees

Set-22											
Descripción	Equipos	HRS. DIESEL	H. PERC	HM E.	HRS TRAB.	N° PARAD.	HRS. MANTTO CORRECT.	HRS. MANTTO PREV.	HRS. MANTTO PROG.	HRS. INSP.	HRS. DAÑO OPER.
SCOOPTRAM	SCO-OS-04	233.00			233.00	5.00	154.00	0.00	0.00	19.50	1.00
EMPERNADOR	JE-OS-01	22.20	22.70	18.90	41.10	9.00	324.40	0.00	0.00	10.50	0.00
JUMBO	JUM-OS-01	38.30	35.20	54.50	92.80	8.00	60.00	0.00	0.00	23.00	3.20
AUTOHORMIGONERA	AH-OS-01	176.50			176.50	10.00	50.00	0.00	0.00	20.00	1.00
ROBOT	RS-OS-03	88.00		48.53	136.53	7.00	35.00	0.00	0.00	22.50	10.00
MANIPULADOR	MT-OS-01	224.00			224.00	11.00	45.00	0.00	0.00	28.00	0.00
DESATADOR	SCA-OS-02	129.00	0.00		129.00	13.00	65.00	0.00	0.00	27.00	8.50
TOTAL GENERAL		911.00	57.90	121.93	1032.93	63.00	733.40	0.00	0.00	150.50	23.70

Fuente: Departamento De Mantenimiento De La Empresa Minera MARSA.

Interpretación

Una vez observada y analizada la información referente a la gestión de mantenimiento mensual se determinó que la mayoría de los equipos poseen las mismas horas diésel y trabajadas, lo que especifica que trabajaron acorde a lo especificado en el proceso. Así mismo se constató que el número de paradas es alto lo que repercute en la disponibilidad y utilidad del equipo. Se observó que los equipos Autohormiguera, desatador, y manipulador son los que posee un mayor número de paradas al mes.

En otro aspecto importante se determinó que todos los equipos poseen horas por mantenimiento correctivo, más no por mantenimiento preventivo ni mantenimiento programado a pesar de poseer los manuales del fabricante que especifican el mantenimiento preventivo y preventivo programado que debe ser realizado, lo que nos da como resultado que el departamento se enfoca más en realizar un mantenimiento correctivo, que el de los otros dos establecidos.

De igual forma en el registro de gestión de mantenimiento se especifican los siguientes datos:

Tabla 2 Relación de disponibilidad y confiabilidad de equipos Tracklees

DESCRIPCION	Equipos	DM %	UTIL %	MTBF	MTTR	Confiabilidad
SCOOPTRAM	SCO-OS-04	55.21%	45.25%	46.60	30.80	60.21%
EMPERNADOR	JE-OS-01	66.46%	51.33%	4.60	36.04	11.32%
JUMBO	JUM-OS-01	74.00%	17.82%	11.60	7.50	60.73%
AUTOHORMIGONERA	AH-OS-01	63.57%	17.05%	17.65	5.00	77.92%
ROBOT	RS-OS-03	84.57%	29.45%	19.50	5.00	79.59%
MANIPULADOR	MT-OS-01	62.14%	58.95%	20.37	4.09	83.28%
DESATADOR	SCA-OS-02	44.29%	14.95%	9.90	5.00	66.44%

Nota: DM%: Disponibilidad mecánica; UTIL%: utilidad; MTBF: tiempo promedio entre fallas; MTTR: tiempo promedio entre reparaciones.

Fuente: Departamento De Mantenimiento De La Empresa Minera MARSA.

Interpretación

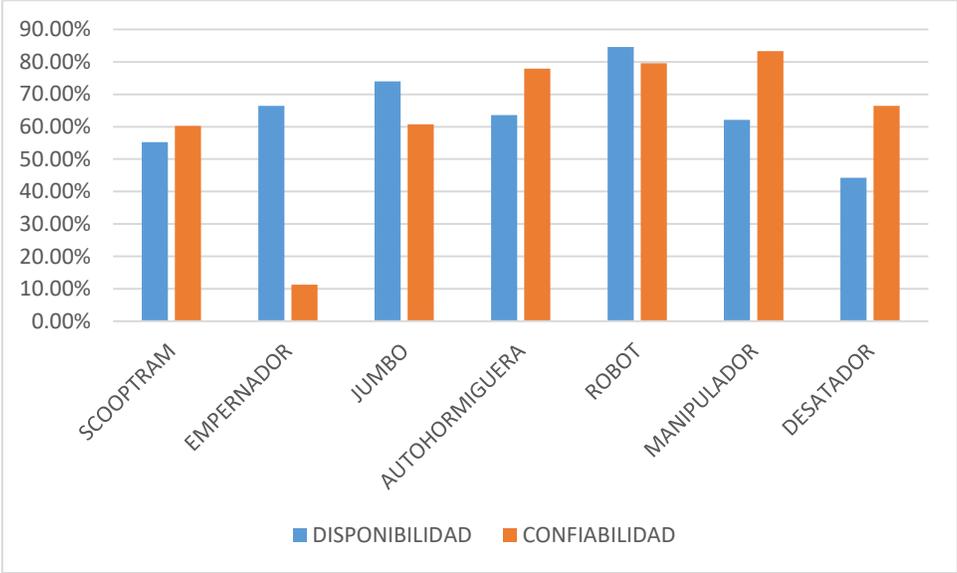
En esta tabla se analiza el porcentaje de disponibilidad mecánica de los

equipos, los cuales rondan entre un 44,29 y 84,57 %, siendo el de mayor disponibilidad el Robot con 88,78% y el de menor disponibilidad el desatador con un 44, 29%. También la utilidad está entre los valores de 14,95% y 58,95% las cuales el de mayor lo posee el Manipulador y el de menor el Desatador

Así mismo a pesar de tener un margen con tendencia a más de 44% de disponibilidad, la utilidad de los equipos si es baja, lo que determina que existen errores en cuanto al plan de mantenimiento aplicado a estos equipos seleccionados. Con respecto a la confiabilidad el equipo que menor valor posee en ese rango es el Empernador con un 11,32% y el de mayor es el manipulador con un 83,28%, Lo que significa que la mayoría de los equipos presentan un nivel bajo de disponibilidad en relación al considerado optimo que oscila entre 90 y 100%

Por ello se establece un gráfico que enfoca los movimientos en cuanto a disponibilidad y confiabilidad poseen los equipos.

Ilustración 3 Disponibilidad versus confiabilidad.(%)



Fuente: Departamento De Mantenimiento De La Empresa Minera MARSA.

Interpretación:

En este gráfico se establece la correlación entre la disponibilidad mecánica y la confiabilidad, lo que indica que con respecto a la disponibilidad que de los 7 equipos seleccionados 6 poseen un margen mayor al respecto del 50%, mientras que con

relación a la confiabilidad a pesar de que 6 de los 7 equipos están en más del 50% ninguno cumple la escala de porcentaje del 90% al 100%, lo que indica que hay un margen significativo en la confiabilidad y disponibilidad de los equipos trackelss.

Objetivo específico nº 2: Aplicar el análisis multicriterio a la gestión de mantenimiento.

Una vez verificado el nivel de gestión de mantenimiento imperante en la organización se procede a aplicar el análisis multicriterio basado en lo establecido en el autor (Ruiz, 2019)

Tabla 3 Estrategia de aplicación del análisis multicriterio.

ITEM	ESTRATEGIA	ESPECIFICACIONES
1	Creación del manual de trabajo	Identificación del proceso completo de la toma de decisiones (anexo nº 9)
2	Creación del modelo de decisión	En esta parte se toma lo referente a la gestión de mantenimiento, los indicadores y los costos.(anexo nº 10)
3	La ponderación de criterios y valoración de alternativas.	En esta parte se determinar la importancia relativa de cada uno de los criterios por medio de la ponderación según el método de comparación a utilizar ya sea por pares, directo, raking o lineal. En este caso se utilizará el

		método de pares porque es el que mejor se adapta a los criterios seleccionados para la gestión de mantenimiento. (Anexo nº 11)
4	El resultado preliminar:	se facilita la lectura final de los resultados a través de gráficos conexos, utilizando la priorización del resultado de las alternativas en el modelo completo y el análisis de sensibilidad para la prioridad de alternativas de cada colaborador. (anexo nº 12)
5	El riesgo e incertidumbre en el análisis:	En esta parte se utiliza el método Monte Carlo para realizar un análisis cabal y anexar las diferenciaciones derivadas por los colaboradores en los datos ingresados. Para ello existen dos tipos de simulaciones la de criterios más alternativas en la cual no se podrá realizar el análisis de sensibilidad. Y el de solo alternativa en el cual si podrá realizar el

		<p>análisis de sensibilidad. (anexo nº 13).</p> <p>Los resultados derivados son distribuciones de probabilidad de cada una de las alternativas. (anexo nº 14)</p>
6	Comparación de resultados	<p>Es esta parte se compara el valor final de la priorización a través de valores-p, Esto permite comparar cada alternativa con cierto nivel de confianza con sus resultados preliminares.</p> <p>Los datos presentados para cada alternativa son el Número de iteraciones (simulaciones válidas), el valor Discreto (resultado final obtenido sin aplicar la Simulación), la Media (obtenida de la Simulación actual), la Desviación Estándar, el Mínimo y Máximo obtenido, el Error Estándar, el valor-p Inferior y Superior (que varían al modificar los</p>

		<p>valores-p de los criterios) y el MSD (mean-square deviation), que se define como el promedio del cuadrado de las desviaciones en el rendimiento característico de un producto desde su valor nominal. El MSD permite rankear las alternativas, donde las que tengan menor MSD deberían ser seleccionadas. Anexo n° 15</p>
--	--	--

Interpretación

Según lo especificado se presentó una estrategia orientada hacia la toma de decisiones multicriterio para la gestión de mantenimiento, el cual se orienta en la caracterización y evaluación de alternativas de decisión, afrontando así dificultades que requieren ser resueltos en el más tiempo mínimo posibles sin extenderse en muchos días, y de ser preciso resuelto en horas, para poder así incrementar efectivamente cada uno de los indicadores de mantenimiento utilizados en la empresa.

En este análisis multicriterio se estableció como resultados que el área de mantenimiento debe enfocarse en realizar sus actividades basada en el mantenimiento preventivo (P) el cual se establece a través de actividades que se realizan una sola vez al mes en los equipos y el mantenimiento preventivo programado (PP), que son actividades que se realizan dos o tres veces al mes a cada equipo. Es importante mencionar que estas actividades de mantenimiento son establecidas bajo los criterios del manual del fabricante.

Seguidamente una vez identificados los resultados de las alternativas y criterios se realiza los planes de mantenimiento de cada equipo basado en el análisis

multicriterio ya aplicado.

a.- SCOOPTRAM

ITEM	DESCRIPCIÓN	TIPO DE MTT O	125 Hr.	250 Hr.	500 Hr.	1000 Hr.
MOTOR DIESEL						
1	Cambiar Aceite de motor.	P	x	x	x	x
2	Muestra de aceite de motor.	P	x	x	x	x
3	Cambio de Filtro de aire Primario y Secundario.	P	x	x	x	x
4	Cambio de Filtro de aceite de motor.	P	x	x	x	x
5	Cambio de Filtro de combustible	P	x	x	x	x
6	Cambio de Filtro de separador de agua	P	x	x	x	x
7	Limpieza de Núcleo de radiador	PP	x	x	x	x
8	Control de nivel de Refrigerante	P	x	x	x	
9	Cambio de refrigerante.	P				x
10	Limpieza de Catalizador	P	x	x	x	x
11	Verificar estado de Fajas del alternador y/o ventilador	PP	x	x	x	
12	Cambio de Fajas del alternador y/o ventilador	PP				x
13	Verificación de Soporte de motor	PP	x	x	x	
14	Calibrar luz de válvulas de motor.	PP				x
15	verificar líneas de admisión (abrazaderas, mangueras)	P			x	x
16	Purgar y lavar depósito de combustible.	P				x
TRANSMISIÓN / EJES						
17	Muestra de aceite de la caja de transmisión.	P			x	
18	Cambio de Aceite de la caja de transmisión.	P			x	x
19	Cambio de Filtro de aceite de Transmisión.	P			x	x
20	Limpieza de Filtro de aspiración de línea de transmisión	P			x	x
21	Evaluar nivel Aceite de diferenciales y mandos finales.	P			x	x
22	cambio de Aceite de diferenciales y mandos finales.	P			x	x
23	Verificar Respiraderos de ejes.	P			x	x
24	Verificar Soportes de caja de transmisión.	P			x	
25	Ajuste de Soportes de caja de transmisión.	PP			x	x
26	Verificar Presiones del embrague de caja de transmisión	PP				x
27	Limpieza de Enfriador de aceite de transmisión.	PP	x	x	x	x
28	Verificar estado del Respirador del convertidor	P		x		x
29	Verificar y ajustar Pernos de sujeción de las bombas	P			x	x
30	Verificar y ajustar Estructura de la caja	P			x	x
31	Engrasar Línea cardanica	P	x	x	x	x
32	Verificar y ajustar Pernos de montaje de caja de desplazamiento.	PP			x	x
SISTEMA HIDRÁULICO						
33	Muestra de aceite.	P			x	x
34	Cambio de Aceite hidráulico	P				x
35	Cambio de Filtro de aceite hidráulico	P			x	x
36	Limpieza de Enfriador hidráulico (si tuviese)	P	x	x	x	x

37	Verificación de estado de Respiradero de depósito hidráulico.	P			x	x
38	Cambio de Respiradero de depósito hidráulico.	P				x
39	Verificación del Funcionamiento de la bombas hidráulicas	PP				x
40	Verificación de Tuberías y mangueras	PP			x	x
41	Verificación de Cilindros hidráulicos	PP			x	x
42	Verificación de Presiones Hidráulicas.	PP				x
SISTEMA DE FRENOS						
43	Verificación de Pedal de freno	PP				x
44	verificar Funcionamiento del freno de servicio	PP			x	x
45	Verificar Precarga de los acumuladores	PP			x	x
46	Verificar Funcionamiento de la valvular del pedal del freno	PP			x	x
47	Verificar Funcionamiento del freno de parqueo	PP			x	x
48	Verificar funcionamiento del botón del freno de parqueo	PP			x	x
SISTEMA ELÉCTRICO						
49	Limpieza de Cabina del operador.	P			x	x
50	Verificar estado de Panel de instrumentos.	P			x	x
51	Verificar y limpiar Componentes eléctricos de tablero de control por partes sueltas.	PP			x	x
52	Verificar Conectores eléctricos en la parte posterior de cabina.	PP			x	x
53	Verificar Funcionamiento de luces del equipo	PP			x	x
54	Verificar estado de Baterías. Bornes	PP			x	x
55	Verificar Capacidad de voltaje.	PP			x	x
ESTRUCTURA						
56	Verificar y ajustar Pernos de sujeción de todos los enfriadores.	P			x	x
57	Verificar Estado de cuchara.	PP			x	x
58	Verificar Topes de dirección, el brazo y cucharón.	P			x	x
59	Verificar y ajustar Pernos de tapa de rotula	PP			x	x
60	Verificar y ajustar Pernos de montaje de ejes.	PP			x	x
61	Verificar y ajustar Pernos de montaje de basculación.	PP			x	x
62	Verificar y ajustar Pernos de tapa de articulación central.	PP	x	x	x	x
63	Engrasar Bastidor de carga	x P	x	x	x	x
64	Engrasar Rodamiento de apoyo de la línea de propulsión.	P	x	x	x	x
65	Engrasar Pasador de cucharón	P	x	x	x	x
66	Engrasar Articulación central.	P	x	x	x	x
67	Verificar Funcionamiento del extinción de incendios.	PP				x
NEUMATICOS						
68	Verificar Presión de aire de los neumáticos.	P	x	x	x	x
69	Verificar Estado de neumáticos delanteros y posteriores	P	x	x	x	x
70	Verificar el torque de las tuercas de cada llanta	PP	x	x	x	x

B.- AUTOHORMIGUERA

ITEM	DESCRIPCIÓN	TIPO DE MTT O	MANTENIMIENTO PROGRAMADO A REALIZAR SEGÚN HORAS DE FUNCIONAMIENTO			
			125 Hr.	250 Hr.	500 Hr.	1000 Hr.
MOTOR DIESEL						
1	Cambiar aceite de motor.	P	x	x	x	x
2	Verificar Muestra de aceite de motor.	P	x	x	x	x
3	Cambio de Filtro de aire Primario y Secundario.	P	x	x	x	x
4	Cambio de Filtro de aceite de motor.	P	x	x	x	x
5	Cambio Filtro de combustible	P	x	x	x	x
6	Cambio de filtro de separador de agua	P	x	x	x	x
7	Limpieza del Núcleo de radiador.	PP	x	x	x	X
8	Controlar nivel del Refrigerante	P	x	x	x	
9	Cambiar nivel del Refrigerante	P				x
10	Limpieza Catalizador	P	x	x	x	x
11	Verificación de estado de Fajas del alternador y/o ventilador	P	x	x	x	
12	Cambio de Fajas del alternador y/o ventilador	PP				x
13	Verificar y ajustar Soporte de motor	P	x	x	x	x
14	Calibrar luz de válvulas de motor.	PP			x	x
15	Ajustes de luz de válvulas de motor.	PP			x	x
16	Verificar líneas de admisión (abrazaderas, mangueras)	P			x	x
17	Purgar y lavar depósito de combustible.	P				x
TRANSMISIÓN / EJES						
17	Muestra de aceite de transmisión hidrostática	P			x	
18	Cambio de Aceite de la tanque de transmisión hidrostática	P			x	x
19	Cambio del Filtro de retorno aceite de Transmisión hidrostática	P			x	x
20	Filtro de succión aceite de Transmisión hidrostática	P			x	x
21	Aceite de diferenciales y mandos finales.	P			x	
22	Aceite de diferenciales y mandos finales.	P				x
23	Respiraderos de ejes.	PP			x	x
24	Enfriador de aceite de transmisión.	PP	x	x	x	x
25	Verificar Pernos de sujeción de las bombas	PP			x	
26	Ajustar Pernos de sujeción de las bombas	PP				x
27	Engrasar Línea cardanica	P	x	x	x	x
SISTEMA HIDRÁULICO						
28	Muestra de aceite.	P			x	x
29	Cambio de Aceite hidráulico	P				x
30	Cambio de Filtro de aceite hidráulico	P			x	x
31	Limpieza de Enfriador hidráulico	PP	x	x	x	x
32	Verificar Respiradero de depósito hidráulico.	PP			x	
33	Ajustar Respiradero de depósito hidráulico.	PP				x

34	Verificar Funcionamiento de la bombas hidráulicas	PP		x		x
35	Verificar estado de Tuberías y mangueras	PP			x	x
36	Verificar estado de Cilindros hidráulicos	PP			x	x
37	Verificar Presiones Hidráulicas.	PP				x
SISTEMA DE FRENOS						
38	verificar estado del Pedal de freno	PP		x		x
39	Verificar Funcionamiento del freno de servicio	PP			x	x
40	Verificar Funcionamiento de la válvula del pedal del freno	PP			x	x
41	Verificar Funcionamiento del freno de parqueo.	PP			x	x
42	Verificar Funcionamiento de válvula del freno de parqueo	PP			x	x
SISTEMA ELÉCTRICO						
43	Limpieza de Cabina del operador.	P			x	x
44	Verificación del Panel de instrumentos.	PP			x	x
45	Verificación de Componentes eléctricos de tablero de control por partes sueltas.	PP			x	
46	Limpieza de Componentes eléctricos de tablero de control por partes sueltas.	PP				x
47	Verificación de Funcionamiento de Luces del equipo	PP			x	x
48	Verificación de Baterías y Bornes	PP			x	x
49	Verificación de Capacidad de voltaje.	PP			x	x
ESTRUCTURA						
50	Verificación de Pernos de sujeción de todos los enfriadores.	PP			x	x
51	Ajuste de Pernos de sujeción de todos los enfriadores.	PP				x
52	Verificación de Estado de cuba y rodillos de cuba	PP			x	x
53	Verificación de Crucetas de dirección.	PP			x	x
54	Verificación de Pernos de montaje de ejes.	PP			x	
55	Ajustar Pernos de montaje de ejes.	PP				x
56	Verificación de Guardas de cuba.	P	x	x	x	x
57	Engrasar Pines y bocinas de cilindros hidráulicos	P	x	x	x	x
NEUMATICOS						
58	Verificar Estado de neumáticos delanteros y posteriores	P	x	x	x	x
59	Ajuste del torque de las tuercas de cada llanta	P	x	x	x	x

C.- EMPERNADOR

ITEM	DESCRIPCIÓN	TIPO DE MTTT	125 Hr. MP1	500 Hr. MP3	1000 Hr. MP4
MOTOR DIESEL					
1	Cambiar Aceite de motor.	P	x	X	x
2	Muestra de aceite de motor.	P	X	x	X
3	Cambio de Filtro de aire Primario y Secundario.	P	X	X	X
4	Cambio de Filtro de aceite de motor.	P	X	X	X
5	Cambio de Filtro de combustible	P	X	X	X
6	Cambio de Filtro de separador de agua	P	X	X	X
7	Controlar nivel Refrigerante	P	X	X	X
8	Verificar y cambiar Correa poli trapezoidal	PP	X	X	X
9	Verificar y ajustar Soporte de motor	PP	X	X	X
10	Ajustar Calibrar luz de válvulas de motor.	PP		X	x
11	Verificar líneas de admisión (abrazaderas, mangueras)	PP		x	X
12	Purgar y lavar depósito de combustible.	P			X
13	Verificar Fugas y estado general del motor	P	X	X	X
14	Verificar Funcionamiento del indicador de servicio del filtro de aire	P	X	X	X
15	Verificar Respiradero del motor	P	X	X	X
TRANSMISIÓN / EJES					
16	Muestra de aceite de la caja de transmisión.	P		X	X
17	Cambio de Aceite de la caja de transmisión.	P		X	X
18	Cambio de Filtro de aceite de Transmisión.	P		X	X
19	Nivel de aceite de diferenciales y mandos finales.	P		X	X
20	Verificar Respiraderos de ejes.	P		X	X
21	Verificar y ajustar Soportes de caja de transmisión.	PP		X	X
22	Verificar y ajustar Estructura de la caja	PP		X	X
23	Engrasar Línea cardanica	P	X	x	X
24	Verificar y ajustar Pernos de montaje de caja de desplazamiento.	PP		X	x
SISTEMA HIDRÁULICO					
25	Muestra de aceite.	P		X	X
26	Cambio de Aceite hidráulico	P		X	X
27	Cambio de Filtro de aceite retorno a tanque	P		X	X
28	Cambio de Filtro de aceite de alta presión	P		X	X
29	Cambio de Respiradero de depósito hidráulico.	P		X	X
30	Verificar Funcionamiento de la bombas hidráulicas	PP			X
31	Verificar Tuberías y mangueras	PP	x	x	X
32	Verificar Cilindros hidráulicos	PP	X	x	x
33	Verificar Presiones Hidráulicas.	PP	x	x	X
SISTEMA DE FRENOS					
34	Verificar Funcionamiento del freno de servicio	PP	x	x	X
35	Verificar Precarga de los acumuladores	PP	X	x	x
36	Verificar Funcionamiento del freno de parqueo	PP		X	V
37	Verificar Funcionamiento del boton del freno de parqueo	PP		x	X
SISTEMA ELÉCTRICO					

38	Verificar Cabina del operador.	P		X	X
39	Verificar Panel de instrumentos.	P		X	X
40	Verificar y limpiar Componentes eléctricos de tablero de control partes sueltas.	P		X	X
41	Verificar Conectores eléctricos en la parte posterior de cabina.	P		X	X
42	Verificar Funcionamiento de luces del equipo	P		X	X
43	Verificar Baterías. Bornes , cargas	P			X
44	Verificar Capacidad de voltaje.	P		x	X
ESTRUCTURA					
45	Verificar ajustar Cilindros hidráulicos (boom y brazo enmallado)	PP		X	X
46	Verificar Viga	PP		X	X
47	Verificar Pines y bocinas de boom	PP		X	X
48	Verificar y engrasar Rodamiento de apoyo de la línea de propulsión.	PP		X	X
49	Verificar y engrasar Articulación central.	PP	x	x	X
50	Engrasar Articulación central.	P	X	x	x
51	Verificar Pines y bocinas de cilindros hidráulicos	PP			X
52	Engrase en general	P	X	x	x
53	Drenar el agua de los tanques de aire.	P	x	x	X
NEUMATICOS					
54	Verificar Presión de aire de los neumáticos.	P	X	x	x
55	Verificar Estado de neumáticos delanteros y posteriores	PP	x	x	X
56	Verificar y ajustar el torque de las tuercas de cada llanta	PP	x	x	x

C.1.- COMPRESOR DEL EMPERNADOR

ITEM	DESCRIPCIÓN	TIPO DE MTTTO	250 Hr. MP1	500 Hr. MP2	100 Hr. MP1
COMPRESOR DE AIRE					
1	Cambio Aceite del compresor	P	x	X	x
2	Muestra de aceite de compresor	P	X	x	X
3	Cambio Filtro de aire del compresor	P	X	X	X
4	Cambio Filtro aceite compresor	P	X	X	X
5	Cambio Filtro separador de aceite del compresor	P	x	X	X
6	Limpieza Enfriador de aceite	P	X	X	X
7	limpieza Enfriador de aire	P	X	X	X
8	Verificar Correas del compresor	PP	X	X	X
9	Ajuste Cables del motor principal	PP	X	X	X
10	Limpieza Tubería de retorno del aceite	PP		X	x
11	Verificar Funcionamiento de la válvula de alivio del compresor	P		x	X

D.- JUMBO

ITEM	DESCRIPCIÓN	TIPO DE MTTO	125 Hr. MP1	500 Hr. MP3	1000 Hr. MP4
MOTOR DIESEL					
1	Cambiar Aceite de motor.	P	x	X	x
2	Muestra de aceite de motor.	P	X	x	X
3	Cambio de Filtro de aire Primario y Secundario.	P	X	X	X
4	Cambio de Filtro de aceite de motor.	P	X	X	X
5	Cambio de Filtro de combustible	P	X	X	X
6	Cambio de Filtro de separador de agua	P	X	X	X
7	Controlar nivel Refrigerante	P	X	X	X
8	Verificar y cambiar Correa poli trapezoidal	PP	X	X	X
9	Verificar y ajustar Soporte de motor	PP	X	X	X
10	Ajustar Calibrar luz de válvulas de motor.	PP		X	x
11	Verificar líneas de admisión (abrazaderas, mangueras)	P		x	X
12	Purgar y lavar depósito de combustible.	PP			X
13	Verificar Fugas y estado general del motor	P	X	X	X
14	Verificar Funcionamiento del indicador de servicio del filtro de aire	P	X	X	X
15	Verificar Respiradero del motor	PP	X	X	X
TRANSMISIÓN / EJES					
16	Muestra de aceite de la caja de transmisión.	P		X	x
17	Verificar y cambiar Aceite de la caja de transmisión.	P	x	X	X
18	Verificar y cambiar Filtro de aceite de Transmisión.	P	X	X	X
19	Aceite de diferenciales y mandos finales.	P		X	X
20	Respiraderos de ejes.	P	X	X	X
21	Soportes de caja de transmisión.	PP	X	X	X
22	Estructura de la caja	PP		X	X
23	Línea cardanica	PP		X	x
24	Pernos de montaje de caja de desplazamiento.	PP		X	x
SISTEMA HIDRÁULICO					
25	Muestra de aceite.	P		x	x
26	Aceite hidráulico	P		X	X
27	Cambio de f litro de aceite retorno a tanque	P		X	x
28	F cambio de litro de aceite de alta presión	P		X	X
29	Verificar Respiradero de depósito hidráulico.	P		X	X
30	Funcionamiento de la bombas hidráulicas	PP	X		X
31	Tuberías y mangueras	PP	X	X	X
32	Cilindros hidráulicos	PP	x	X	X
33	Presiones Hidráulicas.	PP	x	X	X
SISTEMA DE FRENOS					
34	Funcionamiento del freno de servicio	PP	x	x	X
35	Precarga de los acumuladores	PP	X	x	x
36	Funcionamiento del freno de parqueo	PP		x	X
37	Funcionamiento del botón del freno de parqueo	PP		x	x

SISTEMA ELÉCTRICO					
38	Cabina del operador.	P	x	x	x
39	Panel de instrumentos.	PP		x	x
40	Componentes eléctricos de tablero de control partes sueltas.	PP		x	x
41	Conectores eléctricos en la parte posterior de cabina.	PP	X	x	x
42	Funcionamiento de luces del equipo	PP		x	x
43	Baterías. Bornes , cargas	PP	X	X	x
44	Capacidad de voltaje.	PP		X	x
ESTRUCTURA			X		
45	Cilindros hidráulicos (boom)	PP		X	X
46	Viga	PP		X	x
47	Pines y bocinas de boom	PP		X	X
48	Rodamiento de apoyo de la línea de propulsión.	PP	X	X	x
49	Articulación central.	PP		X	X
50	Pines y bocinas de cilindros hidráulicos	PP	X	X	x
51	Engrase en general	PP		x	x
52	Drenar el agua de los tanques de aire.	P	x	x	x
NEUMATICOS					
53	Presión de aire de los neumáticos.	P	x	X	X
54	Estado de neumáticos delanteros y posteriores	PP	X	X	X
55	Verificar el torque de las tuercas de cada llanta	PP	X	x	X

E.- ROBOT SHOCRETERO

ITEM	DESCRIPCIÓN	TIPO DE MTTTO	125 Hr. MP1	250 Hr. MP2	500 Hr. MP3	1000 Hr. MP4
MOTOR DIESEL						
1	Cambiar Aceite de motor.	P	x	X	x	x
2	Muestra de aceite de motor.	P	X	x	X	X
3	Filtro de aire Primario y Secundario.	P	X	X	X	X
4	Filtro de aceite de motor.	P	X	X	X	X
5	Filtro de combustible	P	X	X	X	X
6	Filtro de separador de agua	P	X	X	X	X
7	Núcleo de radiador	PP	X	X	X	X
8	Refrigerante	P	X	X	X	X
9	Catalizador	P	X	X	X	X
10	Fajas del alternador y/o ventilador	PP		X	x	
11	Soporte de motor	PP	x	X		x
12	Calibrar luz de válvulas de motor.	PP			X	
13	Revisar líneas de admisión (abrazaderas, mangueras)	P		X	X	X
15	Purgar y lavar depósito de combustible.	PP		X	X	X
TRANSMISIÓN / EJES						
16	Muestra de aceite de transmisión hidrostática	P			X	

17	Aceite del tanque de transmisión hidrostática	P			X	x		
18	Filtro de retorno aceite de Transmisión hidrostática	P			X	X		
19	Filtro de succión aceite de Transmisión hidrostática	P			x	X		
20	Aceite de diferenciales y mandos finales.	P			x	X		
21	Respiraderos de ejes.	P			x	x		
24	Enfriador de aceite de transmisión.	PP	x	X	X	X		
26	Pernos de sujeción de las bombas	PP			X	X		
28	Línea cardanica	PP	X	X	X	X		
SISTEMA HIDRÁULICO								
30	Muestra de aceite.	P			x	X		
31	Aceite hidráulico	P			X	x		
32	Filtro de aceite hidráulico	P			X	X		
33	Enfriador hidráulico	PP	X	x	X	X		
34	Respiradero de depósito hidráulico.	P			V	X		
35	Funcionamiento de la bombas hidráulicas	PP				X		
36	Tuberías y mangueras	PP			X	X		
37	Cilindros hidráulicos	PP			X	X		
38	Presiones Hidráulicas.	PP				V		
SISTEMA DE FRENOS								
39	Pedal de freno	PP			X	X		
40	Funcionamiento del freno de servicio	PP			X	X		
42	Funcionamiento de la válvula del pedal del freno	PP			X	X		
43	Funcionamiento del freno de parqueo	PP			X	X		
44	Funcionamiento de válvula del freno de parqueo	PP			X	X		
SISTEMA ELÉCTRICO								
45	Cabina del operador.	P			X	X		
46	Panel de instrumentos.	PP			X	X		
47	Componentes eléctricos de tablero de control por partes sueltas.	PP			X	X		
49	Funcionamiento de luces del equipo	PP			X	X		
50	Baterías. Bornes	PP			X	X		
51	Capacidad de voltaje.	PP			X	X		
ESTRUCTURA								
52	Pernos de sujeción de todos los enfriadores.	PP			X	X		
53	Estado de cuba y rodillos de cuba	PP			X	X		
54	Crucetas de dirección	PP			X	X		
56	Pernos de montaje de ejes.	PP			X	X		
62	Guardas de cuba.	PP		x	X	X	X	X
63	Pines y bocinas de cilindros hidráulicos	PP	X	x	x	x	x	
NEUMATICOS								
65	Estado de neumáticos delanteros y posteriores	PP	x	x	x	X		
66	Verificar el torque de las tuercas de cada llanta	PP	x	x	x	x		

E.1. COMPRESOR DEL ROBOT SHOCRETERO.

ITEM	DESCRIPCIÓN	TIPO DE MTTO	250	500	100
			Hr. MP1	Hr. MP2	Hr. MP1
COMPRESOR DE AIRE					
1	Aceite del compresor	P	x	x	X
2	Muestra de aceite de compresor	P	x	x	X
3	Filtro de aire del compresor	P	x	x	X
4	Filtro aceite compresor	P	x	x	X
5	Filtro separador de aceite del compresor	P	x	x	x
6	Enfriador de aceite	P	x	x	X
7	Enfriador de aire	P	x	x	X
8	Correas del compresor	PP	x	x	X
9	Cables del motor principal	PP	x	x	X
10	Tubería de retorno del aceite	PP		X	x
11	Funcionamiento de la válvula de alivio del compresor	PP		x	X

F.- MANIPULADOR

ITEM	DESCRIPCIÓN	TIPO DE MTTO	125	500	1000
			Hr. MP1	Hr. MP2	Hr. MP4
MOTOR DIESEL					
1	Cambiar Aceite de motor.	P	x	x	x
2	Muestra de aceite de motor.	P	x	x	x
3	cambiar Filtro de aire Primario y Secundario.	P	x	x	x
4	Cambiar Filtro de aceite de motor.	P	x	x	x
5	Cambiar Filtro de combustible	P	x	x	X
6	Cambiar Filtro de separador de agua	P	x	x	X
7	Lavado Núcleo de radiador	PP	x	x	X
8	Verificar nivel de Refrigerante	P	x	x	X
9	Limpieza de Catalizador	P	x	x	X
10	Verificar y cambiar Fajas del alternador y/o ventilador	PP	x	x	X
11	Verificar y ajustar Soporte de motor	PP	x	x	X
12	Calibrar luz de válvulas de motor.	PP	x	x	X
13	Revisar líneas de admisión (abrazaderas, mangueras)	P		x	x
15	Purgar y lavar depósito de combustible.	PP		x	x
TRANSMISIÓN / EJES					
16	Muestra de aceite de transmisión	P		x	X
17	Cambio Aceite de la tanque de transmisión	P		x	X
18	Cambio Filtro de aceite de Transmisión	P		x	X
19	Cambio Filtro de aceite de Transmisión	P		x	X

20	Medir nivel y cambiar Aceite de diferenciales y mandos finales.	P		x	x
21	Limpieza de Respiraderos de ejes.	P		x	X
24	Enfriador de aceite de transmisión.	P	x	x	X
26	Verificar y ajustar Pernos de sujeción de las bombas	PP		X	x
28	Engrasar Línea cardanica	P	x	x	x
SISTEMA HIDRÁULICO					
30	Muestra de aceite.	P		x	X
31	Cambio Aceite hidráulico	P		x	X
32	Cambio Filtro de aceite hidráulico	P		x	X
33	Limpieza Enfriador hidráulico	P		x	X
34	Respiradero de depósito hidráulico.	P		x	x
35	Funcionamiento de la bombas hidráulicas	PP			x
36	Tuberías y mangueras	PP		x	X
37	Cilindros hidráulicos	PP		x	X
38	Presiones Hidráulicas.	PP		x	X
SISTEMA DE FRENOS					
39	Pedal de freno	PP		x	X
40	Funcionamiento del freno de servicio	PP		V	x
42	Funcionamiento de la válvula del pedal del freno	PP		V	x
43	Funcionamiento del freno de parqueo	PP		V	x
44	Funcionamiento del palanca del freno de parqueo	PP		V	x
SISTEMA ELÉCTRICO					
45	Cabina del operador.	P		x	X
46	Panel de instrumentos.	PP		X	X
47	Componentes eléctricos de tablero de control por partes sueltas.	PP		X	x
49	Funcionamiento de luces del equipo	PP		X	x
50	Baterías. Bornes	PP		x	x
51	Capacidad de voltaje.	PP		x	X
ESTRUCTURA					
52	Pernos de sujeción de todos los enfriadores.	PP		x	X
53	Estado de uñas y/o canastilla	PP	x	X	x
54	Crucetas de dirección.	PP	x	X	X
56	Pernos de montaje de ejes.	PP	x	X	X
62	Pines y bocinas de cilindros hidráulicos.	PP	x	x	X
63	Funcionamiento del extinción de incendios.	PP			X
NEUMATICOS					
65	Estado de neumáticos delanteros y posteriores	P	X	x	X
66	Verificar el torque de las tuercas de cada llanta	P	X	x	x

G.- DESATADOR

ITEM	DESCRIPCIÓN	TIPO DE MTT O	125 Hr. MP 1	250 Hr. MP 2	500 Hr. MP 3	1000 Hr. MP4
MOTOR DIESEL						
1	Cambio Aceite de motor.	P	X	X	X	X
2	Muestra de aceite de motor.	P	X	X	X	X
3	Cambio Filtro de aire Primario y Secundario.	P	X	X	X	X
4	Cambio Filtro de aceite de motor.	P	x	x	x	x
5	Cambio Filtro de combustible	P	X	X	X	X
6	Cambio Filtro de separador de agua	P	X	X	X	X
7	Limpieza Núcleo de radiador	PP	X	X	X	X
8	Nivel Refrigerante	P	X	X	X	X
9	Limpieza Catalizador	P	X	X	X	X
10	Verificar y cambiar Fajas del alternador y/o ventilador	PP	X	x	x	x
11	verificar Soporte de motor	PP	x	x	X	X
12	Calibrar luz de válvulas de motor.	PP			A	A
13	Revisar líneas de admisión (abrazaderas, mangueras)	P			V	V
15	Purgar y lavar depósito de combustible.	PP				L
TRANSMISIÓN / EJES						
					X	
16	Muestra de aceite de transmisión hidrostática	P			X	X
17	Cambio Aceite de la tanque de transmisión hidrostática	P			X	X
18	Cambio Filtro de retorno aceite de Transmisión hidrostática	P			X	X
19	Limpieza Filtro de succión aceite de Transmisión hidrostática	P			X	x
20	Verificar nivel y cambio de Aceite de diferenciales y mandos finales.	P			X	X
21	Verificar Respiraderos de ejes.	P			X	X
24	limpieza Enfriador de aceite de transmisión.	P	X	X	X	X
26	Verificar y ajustar Pernos de sujeción de las bombas	PP			X	X
28	Engase Línea cardanica	P	x	X	X	X
SISTEMA HIDRÁULICO						
30	Muestra de aceite.	P			x	X
31	Cambio Aceite hidráulico	P				X
32	Cambio Filtro de aceite hidráulico	P			X	X
33	Limpieza Enfriador hidráulico	P	x	x	X	x
34	Verificar Respiradero de depósito hidráulico.	P			X	X
35	Verificar Funcionamiento de la bombas hidráulicas	PP				X
36	Verificar Tuberías y mangueras	PP			X	X
37	Verificar Cilindros hidráulicos	PP			X	X
38	Verificar Presiones Hidráulicas.	PP				X
SISTEMA DE FRENOS						
39	Pedal de freno				X	X
40	Verificar Funcionamiento del freno de servicio	PP			X	X
42	Verificar Funcionamiento de la válvula del pedal del freno	PP			X	X
43	Verificar Funcionamiento del freno de parqueo	PP			X	X
44	Verificar Funcionamiento de botón del freno de parqueo	PP			X	X

SISTEMA ELÉCTRICO						
45	Limpiar Cabina del operador.	P			x	X
46	Verificar Panel de instrumentos.	PP			X	X
47	Verificar Componentes eléctricos de tablero de control por partes sueltas.	PP			X	X
49	Verificar Funcionamiento de luces del equipo	PP			X	X
50	Verificar Baterías. Bornes	PP			X	X
51	Verificar Capacidad de voltaje.	PP			X	X
ESTRUCTURA						
52	Verificar ajustar Pernos de sujeción de todos los enfriadores.	PP			X	x
53	Verificar Estado de lampo, hoja de corte.	PP			X	X
54	Verificar Topes de dirección.	PP			X	X
56	Verificar ajustar Pernos de montaje de ejes.	PP			X	X
62	Engrase de Articulación central.	P	X	x	x	X
63	Verificación de pines y bocinas de cilindros hidráulicos	PP				X
NEUMATICOS						
65	Estado de neumáticos delanteros y posteriores	PP	x	x	x	X
66	Verificar el torque de las tuercas de cada llanta	PP	X	x	x	x

Objetivo específico nº 3: determinar los indicadores de disponibilidad y confiabilidad en los equipos una vez aplicado el análisis multicriterio a la gestión de mantenimiento.

En esta parte por medio del reporte de gestión de mantenimiento mensual del mes de octubre se verifica la aplicación de las tareas de mantenimiento para determinar la disponibilidad de los equipos basado en las especificaciones dadas en el departamento. Por medio de esta tabla:

Tabla 4. Gestión de mantenimiento mensual mes de octubre del 2022 una vez aplicado el análisis multicriterio.

Descripción	Equipos	HRS. DIESEL	H. PERC	HM E.	HRS TRAB.	N° PARAD.	HRS. MANTTO CORRECT.	HRS. MANTTO PREV.	HRS. MANTTO PROG.	HRS. INSP.	HRS. DAÑO OPER.
SCOOP	SCO-OS-04	295.00			295.00	1.00	10.00	11.00	11.00	26.50	1.00
BOLTER	JE-OS-01	47.20	33.00	61.30	108.50	4.00	11.00	22.00	3.50	24.00	2.00
JUMBO	JUM-OS-01	38.30	35.20	54.50	92.80	6.00	4.00	6.50	12.80	23.00	3.20
CARMIX	AH-OS-01	176.50			176.50	4.00	7.00	11.40	14.20	22.50	1.00
ROBOT	RS-OS-03	125.00		67.05	192.05	3.00	4.40	17.10	3.10	24.00	2.00
MANITOU	MT-OS-01	224.00			224.00	1.00	4.50	16.00	10.00	27.50	0.00
SCALER	SCA-OS-02	129.00	0.00		129.00	2.00	6.00	10.00	0.00	27.00	8.50
TOTAL GENERAL		1035.00	68.20	182.85	1217.85	21.00	46.90	94.00	54.60	174.50	17.70

Fuente: Departamento De Mantenimiento De La Empresa Minera MARSA.

Interpretación:

En la siguiente tabla registrada en el reporte de gestión de mantenimiento mensual se observó que al realizar el mantenimiento establecido con la aplicación del análisis multicriterio, las horas de mantenimiento correctivo disminuyeron considerablemente, a tal punto que ningún equipo en esa semana tuvo un requerimiento mayor a 15 horas en cambio se aplicó el mantenimiento preventivo y el preventivo programado según lo establecido en el manual de fabricante, el cual ayudó considerablemente a la disminución de los números de paradas y horas de daños operacionales.

Así mismo a pesar de haber un aumento en las horas trabajadas y en las horas de inspección, las horas de mantenimiento correctivo disminuyeron en un alto porcentaje y se establecieron aumentos considerables en los otros dos mantenimientos establecidos.

En esta parte por medio del reporte de gestión de mantenimiento que posee la empresa se verifica la aplicación de las tareas de mantenimiento para determinar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos basado en las especificaciones dadas en el departamento por medio de esta tabla una vez aplicado el análisis multicriterio.

Tabla 5. Confiabilidad y disponibilidad de los equipos una vez aplicado el análisis multicriterio.

DESCRIPCION	Equipos	DM %	UTIL %	MTBF	MTTR	Confiabilidad
SCOOP	SCO-OS-04	90.08%	52.26%	295.00	10.00	96.72%
BOLTER	JE-OS-01	89.92%	19.01%	27.13	2.75	90.79%
JUMBO	JUM-OS-01	91.78%	16.29%	15.47	0.67	95.87%
CARMIX	AH-OS-01	90.65%	32.65%	44.13	1.75	96.19%
ROBOT	RS-OS-03	90.23%	35.03%	64.02	1.47	97.76%
MANITOU	MT-OS-01	90.33%	39.11%	224.00	4.50	98.03%
SCALER	SCA-OS-02	91.42%	22.49%	64.50	3.00	95.56%

Fuente: Departamento De Mantenimiento De La Empresa Minera MARSA.

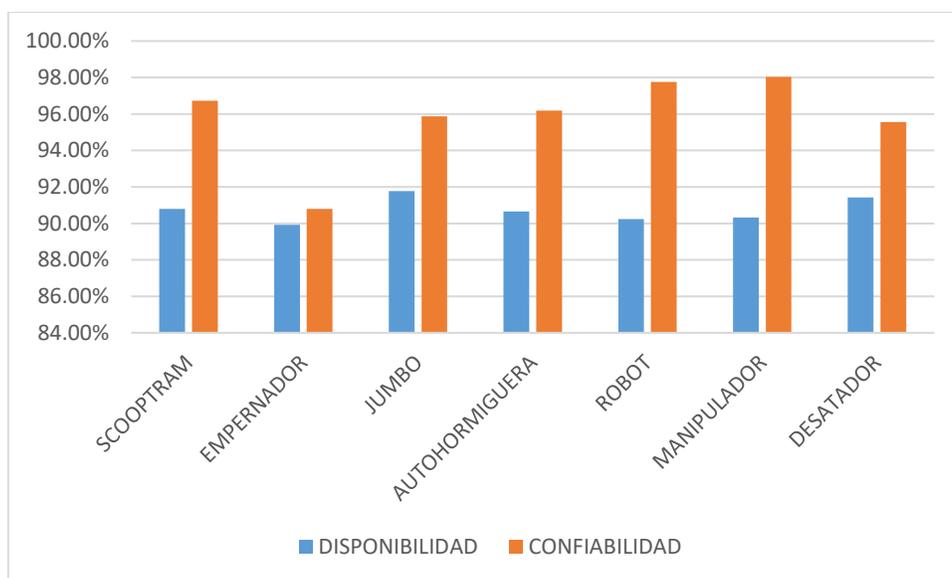
Interpretación:

En la siguiente tabla registrada en el reporte de gestión de mantenimiento mensual del mes de octubre del presente año en donde se observó que al realizar el

mantenimiento establecido con la aplicación del análisis multicriterio, el tiempo medio entre fallas se alargó considerablemente y el tiempo medio entre reparaciones disminuyó. Así mismo al aplicarse el mantenimiento programado a los equipos determino que la disponibilidad mecánica de los equipos aumento a más de 50% de los equipos que estaban en un bajo nivel, como el manipulador que subió a un 83,41% y el desatador a un 62,42%.

Por lo tanto, se establece un gráfico que ayuda a verificar el nivel de confiabilidad ejercido por el nuevo plan de mantenimiento basado en el multicriterio

Ilustración 4. porcentaje de confiabilidad y disponibilidad de los equipos.



Interpretación:

En este gráfico se establece la correlación entre la disponibilidad y la confiabilidad, lo que indica que con respecto a la disponibilidad los 7 equipos seleccionados poseen un rango entre el 84% y 92 %, mientras que la confiabilidad está en la escala de porcentaje del 84% al 98%, mensual lo que indica que hay un margen significativo en la confiabilidad y disponibilidad de los equipos trackelss.

Es importante mencionar que dicha disponibilidad y confiabilidad puede seguir en ascenso a medida que se vaya aplicando esta nueva gestión de mantenimiento.

Objetivo específico nº 4:

Evaluar costo beneficio de la implementación de dicho proyecto.

Para realizar las actividades de mantenimiento se requiere de un presupuesto mensual anual, el cual avala el cumplimiento en las sustituciones oportunas de repuestos proyectados dentro de la unidad minera.

Así(Ortega, 2022) refiere que la planificación finaliza con la programación porque es el momento para realizar las actividades según lo planeado, y ver sus resultados. Es aquí donde se puede obtener la cantidad de personal y tipo que se necesita para esta implementación, así los materiales que se emplearan y su costo.

Según refiere (Ortega, 2022), los presupuestos son expuestos en formatos principalmente esquematizados que notifican las insuficiencias o resultas futuras a la gerencia. Es decir, los presupuestos se obtienen basado en los esquemas provenientes de la planificación indicándose en diferentes presupuestos como el de materiales, mano de obra, de horas extras, de ventas, de producción, etc.

Los equipos para ingresar a la mina para los trabajos de perforación, deben estar condiciones adecuadas en el sistema hidráulico, eléctrico y de percusión. Cada una de las piezas y partes cuando un equipo de perforación sale del taller de mantenimiento, sale con repuestos nuevos para tener así mejor disponibilidad y efectiva el equipo.

El operador al recibir la máquina que utilizará para el proceso, firma una recepción de que cumple con las condiciones de funcionamiento, así como con una lista de repuestos cambiados por mantenimiento, lo que le permitirá trabajar a plena carga las horas asignadas en la perforación minera, bajo las condiciones de inclemencia del tiempo, para el cual estos equipos se han fabricado.

Es así que para la evaluación de dicho proyecto se procedió a comparar los costos operativos de mantenimiento que la empresa de manera mensual y anual antes de la aplicación del análisis multicriterio con los gastos generados después de la aplicación del análisis. Este dato se encuentra registrados y computados en el sistema SIG (Anexo nº 16).

Según los datos proporcionados por la empresa los gastos por mantenimiento en el año 2021 son los siguientes:

Tabla 6 Costo de mantenimiento año 2022 proyectado antes de la aplicación del análisis multicriterio

Mes	Presupuesto	Presupuesto Real	% de diferencia
Enero	41638	40943.34	101.7
Febrero	42990	41265.35	104.2
Marzo	39302	37943.32	103.6
Abril	48066	41465.35	115.9
Mayo	47448	35168.33	134.9
Junio	44271	41139.34	107.6
Julio	38869	35241.34	110.3
Agosto	39040	35537.35	109.9
septiembre	38358	38268.33	100.2
Octubre	42398	41465.35	102.2
Noviembre	41582	41138.34	101.1
Diciembre	42683	41568.33	102.7
Total	506645	471144.07	129,43

Fuente: Departamento De Mantenimiento De La Empresa Minera MARSÁ.

Interpretación

En estos resultados se establece que el costo de mantenimiento de la empresa está en un aumento de un 29,43% en relación a lo presupuestado mensual, debido que a pesar de realizar mantenimiento correctivo y preventivo programado este no refleja una gestión de mantenimiento considerable para la empresa.

Seguidamente para realizar se establecieron las siguientes tablas para poder consolidar el costo beneficio del proyecto:

En esta primera tabla se especifica los grupos de costo generados por mantenimiento

con él se tiene la información del costo de mantenimiento mensual generado por todos los equipos.

Tabla 7 costos de mantenimiento mes septiembre del año 2022 en dólares..

GRUPO DE COSTO	MES SEPTIEMBRE
Repuestos	18938.66
Llantas y accesorios	3784.33
Filtros	2840.55
Aceites grasas	3755.28
Insumos de mantenimiento	5784.21
Costo de Personal	3255
Costo de mantenimiento mensual	38358.00

Fuente: Departamento De Mantenimiento De La Empresa Minera MARSA.

Seguidamente se especifica cada uno de los costos generados por los equipos

Tabla 8 Relación de costo de mantenimiento mensual, septiembre 2022 por equipo.

GRUPO DE COSTO	SCOOPTRAM	EMPERNADOR	JUMBO	AUTOHORMIGUERA	ROBOT	MANIPULADOR	DESATADOR	COSTO TOTAL
Repuestos	2570.25	883.11	1987.21	2603.22	1587	4970	4325.87	18938.66
Llantas y accesorios	350.22	255	664.73	451.22	255	910.58	894.88	3784.33
Filtros	255.22	174.22	488	374.22	121	687.54	740.35	2840.55
Aceites grasas	350.82	305.5	564.38	881.2	248	655.5	749.88	3755.28
Insumos de mantenimiento	550.22	455.58	864.73	853.22	455	1310.58	1294.88	5784.21
Costo de Personal	465	465	465	465	465	465	465	3255
Costo de mantenimiento mensual	4541.73	2538.41	4944.05	5728	3131	8999.20	8470.86	38358.00

Fuente: Departamento De Mantenimiento De La Empresa Minera MARSA.

Una vez obtenida esta información se procede a realizar la relación de costo de mantenimiento una vez aplicado el análisis multicriterio, el cual se calcula en base a lo expuesto por el personal de mantenimiento de la empresa sobre el computo de costo de mantenimiento que se utiliza, el cual se concreta en la siguiente tabla:

Tabla 9 costos de mantenimiento mes octubre del año 2022 en dólares..

GRUPO DE COSTO	MES OCTUBRE
Repuestos	15893.36
Llantas y accesorios	2948.39
Filtros	2183,65
Aceites grasas	2935.70
Insumos de mantenimiento	5368.11
Costo de Personal	3255
Costo de mantenimiento mensual	30400.56

Seguidamente se especifica cada uno de los costos generados por los equipos una vez aplicado el análisis multicriterio.

Tabla 10 Relación de costo de mantenimiento mensual, octubre 2022 por equipo una vez aplicado el análisis multicriterio.

GRUPO DE COSTO	SCOOPTRAM	EMPERNADOR	JUMBO	AUTOHORMIGUE RA	ROBOT	MANIPULADOR	DESATADOR	COSTO TOTAL
Repuestos	2070.5	883	1954	2503	1587	3770	3125.86	15893.36
Llantas y accesorios	340.12	220	364.01	420	240	720.08	644.18	2948.39
Filtros	155.02	174.02	432	274.02	121	487.24	540.35	2183,65
Aceites grasas	350.82	300.5	364.3	681.2	248.5	440.5	549.88	2935.70
Insumos de mantenimiento	540.22	450.58	764.73	852.12	455	1210.58	1094.88	5368.11
Costo de Personal	465	465	465	465	465	465	465	3255
Costo de mantenimiento mensual	3921.68	2493.10	4344.04	5195.34	3116.50	7093.40	6420.15	30400.56

Fuente: Fuente: elaboración propia.

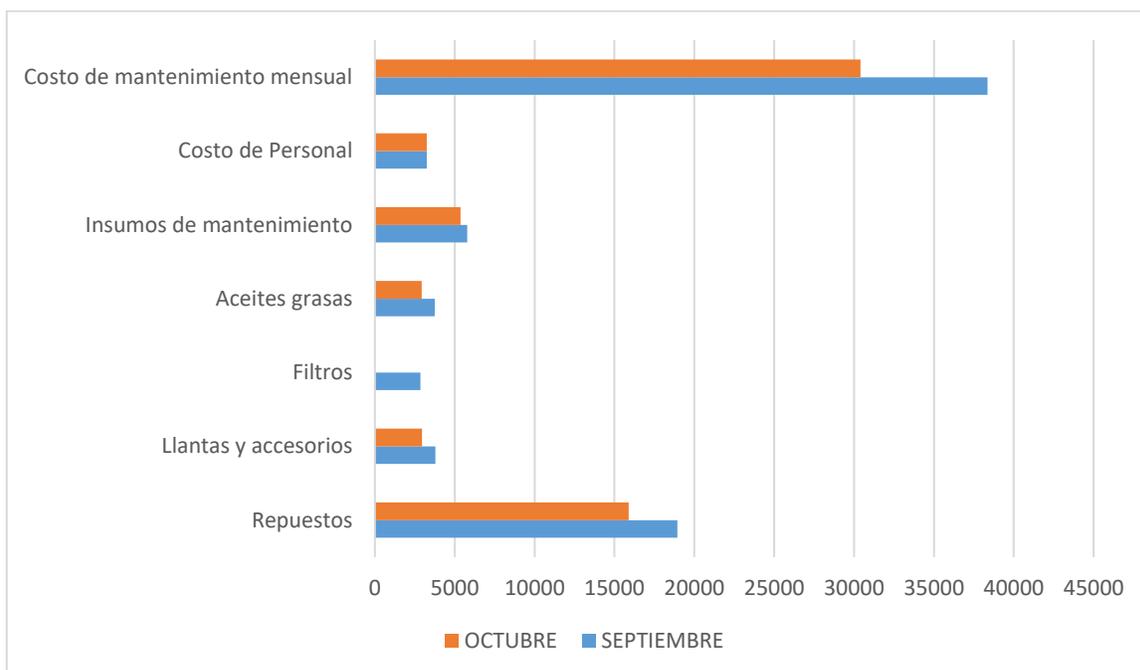
Una vez obtenida la información de los costos de mantenimiento antes y después de la aplicación del análisis multicriterio se procede a comparar los costos y determinar si hubo aumento o disminución del mismo. Dicha comparación se establece a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 11 Comparación de los costos de mantenimiento antes y después de la aplicación del análisis multicriterio.

GRUPO DE COSTO	MES SEPTIEMBRE	MES OCTUBRE	DIFERENCIA ENTRE MESES
Repuestos	18938.66	15893.36	3045.3
Llantas y accesorios	3784.33	2948.39	835.94
Filtros	2840.55	2183,65	656.9
Aceites grasas	3755.28	2935.70	819.58
Insumos de mantenimiento	5784.21	5368.11	416.1
Costo de Personal	3255	3255	0
Costo de mantenimiento mensual	38358.00	30400.56	7957.44

Fuente: Departamento De Mantenimiento De La Empresa Minera MARSA.

Ilustración 5 Comparación de costos de mantenimiento mensual antes y después de aplicado el análisis multicriterio.



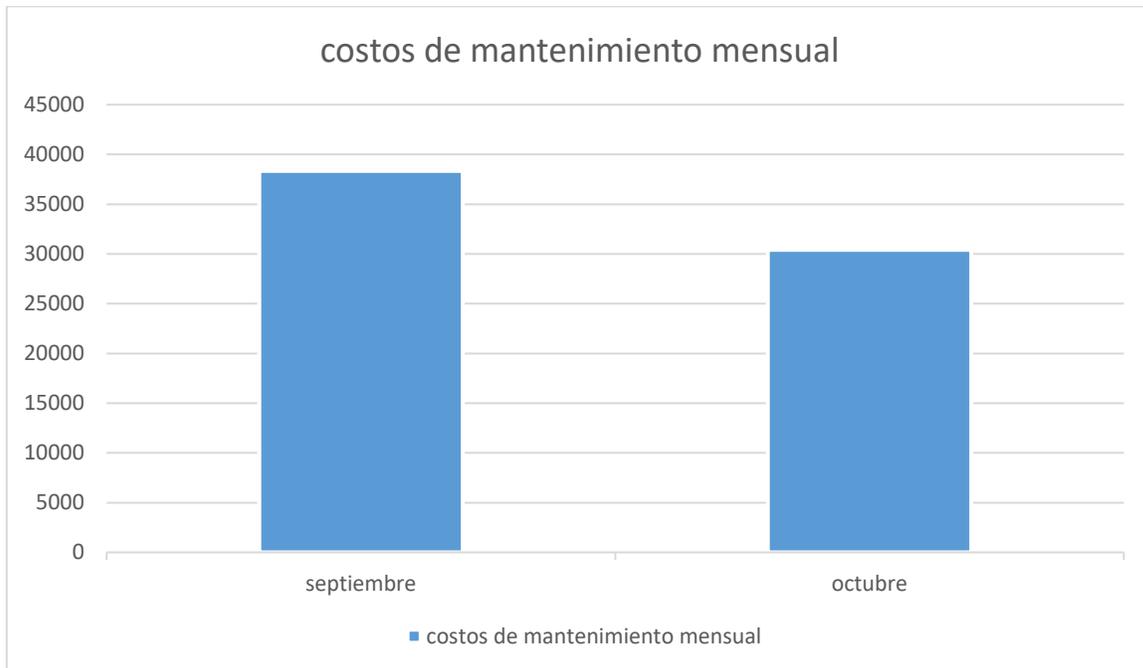
Fuente: elaboración propia.

En este gráfico se observa la disminución en cada uno de los costos de mantenimiento después de aplicado el análisis multicriterio, lo que determina que este modelo de

gestión de mantenimiento con análisis multicriterio es efectivo con el software total decisión.

Seguidamente se realiza la comparación entre los costos de mantenimiento mensuales:

Ilustración 6 Costos de mantenimiento mensual



Fuente: elaboración propia.

Con estos resultados se puede determinar que la implementación del plan de mantenimiento en base al análisis multicriterio, genera una disminución de \$7954.44 en el mantenimiento, lo que es una suma considerable viendo la proporción de costo generado anteriormente.

Así mismo se realiza una comparación entre los costos generados en cada uno de los equipos antes si mismo se realiza una comparación entre los costos generados en cada uno de los equipos antes después de la aplicación del análisis multicriterio.

Tabla 12 Comparación de los costos de mantenimiento mensual de los equipos antes y después de la aplicación del análisis multicriterio.

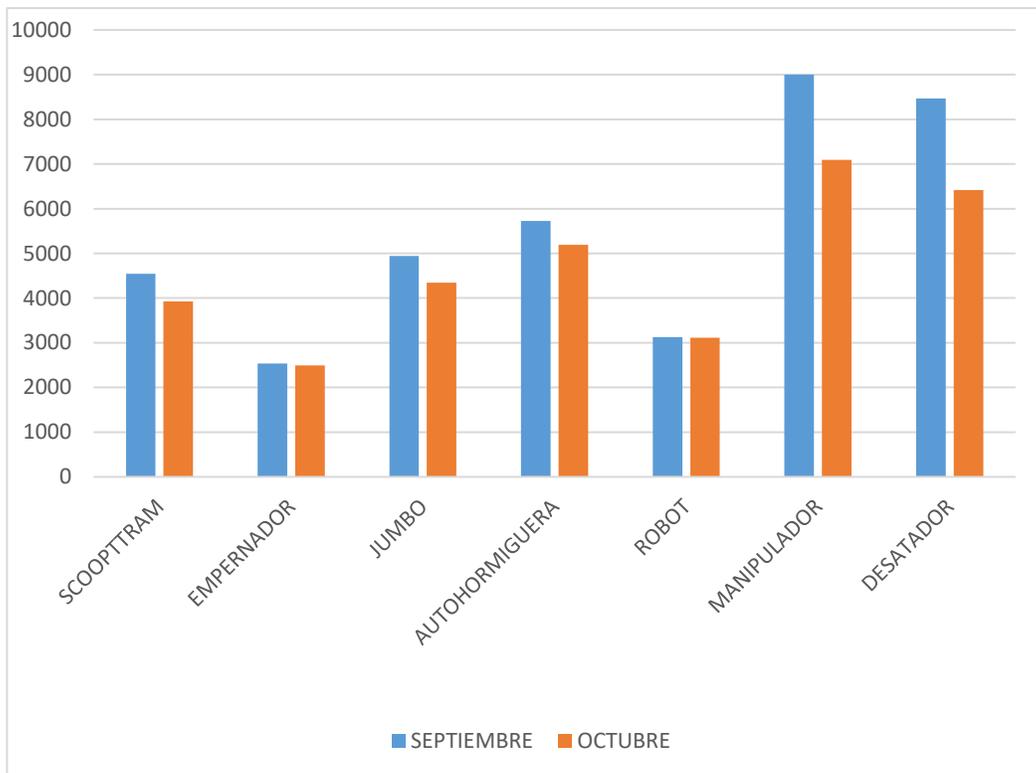
GRUPO DE COSTO	SCOOPTRAM			EMPERNADOR			JUMBO			AUTOHORMIGUERA		
	septiembre	octubre	diferencia	septiembre	octubre	diferencia	septiembre	octubre	diferencia	septiembre	octubre	diferencia
Repuestos	2570.25	2070.5	499.75	883.11	883	0.11	1987.21	1954	33.21	2703.22	2503	200.22
Llantas y accesorios	350.22	340.12	10.1	255	220	35	664.73	364.01	300.72	451.22	420	31.22
Filtros	255.22	155.02	100.2	174.22	174.02	0.2	488	432	56	374.22	274.02	100.2
Aceites grasas	350.82	350.82	0	305.5	300.5	5	564.38	364.3	200.08	881.2	681.2	200
Insumos de mantenimiento	550.22	540.22	10	455.58	450.58	5	864.73	764.73	100	853.22	852.12	1.1
Costo de Personal	465	465	0	465	465	0	465	465	0	465	465	0
Costo de mantenimiento mensual	4541.73	3921.68	620.05	2538.41	2493.10	45.31	4944.05	4344.04	600.01	5728	5195.34	532.66

GRUPO DE COSTO	ROBOT			MANIPULADOR			DESATADOR		
	septiembre	octubre	diferencia	septiembre	octubre	diferencia	septiembre	octubre	diferencia
Repuestos	1587	1587	0	4970	3770	1200	4325.87	3125.86	1200.01
Llantas y accesorios	255	240	15	910.58	720.08	190.5	894.88	644.18	250.7
Filtros	121	121	0	687.54	487.24	200.3	740.35	540.35	200
Aceites grasas	248	247.5	0.5	655.5	440.5	215	749.88	549.88	200
Insumos de mantenimiento	455	455	0	1310.58	1210.58	100	1294.88	1094.88	200
Costo de Personal	465	465	0	465	465	0	465	465	0
Costo de mantenimiento mensual	3131	3116.5	14.5	8999.2	7093.4	1905.8	8470.86	6420.15	2050.71

Fuente: elaboración propia.

Una vez elaborada dicha tabla se procede de manera gráfica para conocer la incidencia de los resultados el cual se muestra a continuación:

Ilustración 7 Comparación de los costos de mantenimiento mensual según equipo antes y después de la aplicación del análisis multicriterio



Este grafico se visualiza la disminución en cuanto a los costos de mantenimiento generados luego de la aplicación del análisis multicriterio.

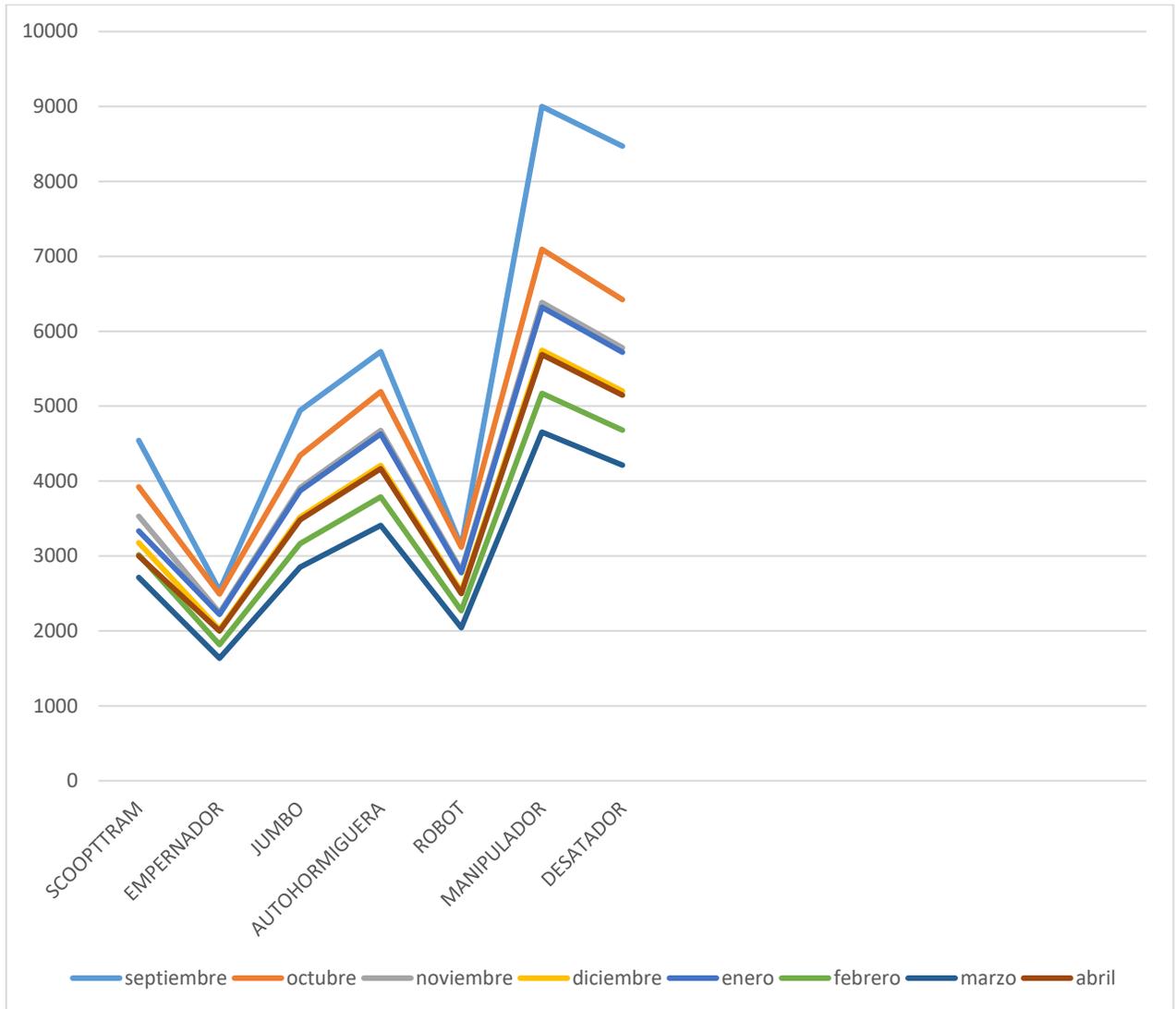
Seguidamente se proyecta a 6 meses la partida de los costos de mantenimiento.

MESES	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	enero	febrero	marzo	abril
SCOOPTTRAM	4541.73	3921.68	3529.51	3176.56	3335.39	3017.73	2715.96	3001.85
EMPERNADOR	2538.41	2493.1	2243.79	2019.41	2221.35	1817.47	1635.72	1999.22
JUMBO	4944.05	4344.04	3909.64	3518.67	3870.54	3166.81	2850.12	3483.49
AUTOHORMIGUERA	5728	5195.34	4675.81	4208.23	4629.05	3787.40	3408.66	4166.14
ROBOT	3131	3116.5	2804.85	2524.37	2776.80	2271.93	2044.74	2499.12
MANIPULADOR	8999.2	7093.4	6384.06	5745.65	6320.22	5171.09	4653.98	5688.20
DESATADOR	8470.86	6420.15	5778.13	5200.32	5720.35	4680.29	4212.26	5148.32

Fuente: elaboración propia.

Al realizar la proyección se tiene el siguiente gráfico

Ilustración 8 proyección a 6 meses de los costos de mantenimiento, meses de octubre a abril.



Fuente: Elaboración propia.

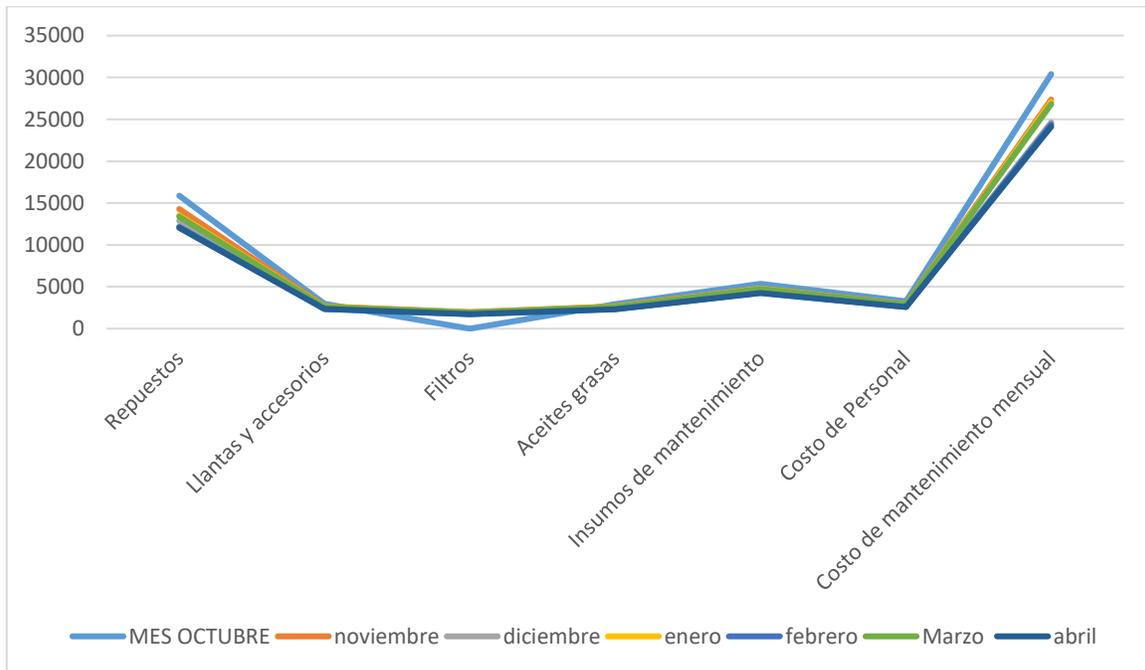
En este grafico se observa la disminuci3n paulatina de los costos de mantenimiento, lo que establece que los costos de mantenimiento mensual estarían seg3n la siguiente tabla.

Ilustración 9 proyección a seis meses costos mensuales de mantenimiento después de aplicado el análisis

GRUPO DE COSTO	MES OCTUBRE	noviembre	diciembre	enero	febrero	Marzo	abril
Repuestos	15893.36	14304.02	12873.62	13517.30	12165.57	13382.13	12043.92
Llantas y accesorios	2948.39	2653.55	2388.20	2627.02	2364.31	2600.75	2340.67
Filtros	2183,65	1965.29	1768.76	1945.63	1751.07	1926.18	1733.56
Aceites grasas	2935.70	2642.13	2377.92	2615.71	2354.14	2589.55	2330.60
Insumos de mantenimiento	5368.11	4831.30	4348.17	4782.99	4304.69	4735.16	4261.64
Costo de Personal	3255	2929.50	2636.55	2900.21	2610.18	2871.20	2584.08
Costo de mantenimiento mensual	30400.56	27360.50	24624.45	27086.90	24378.21	26816.03	24134.43

Fuente: Elaboración propia.

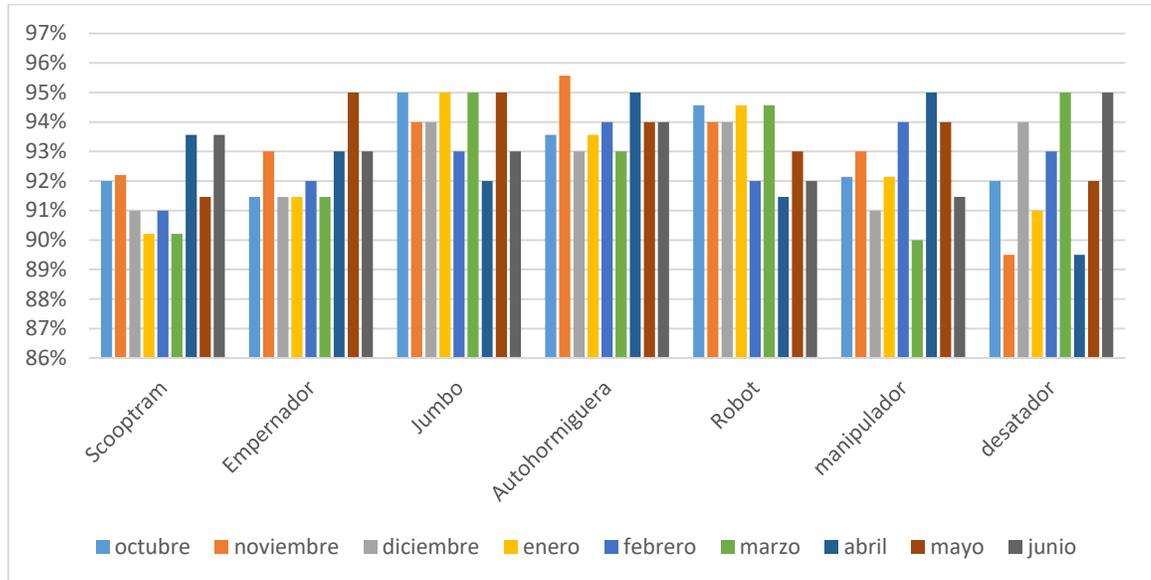
Ilustración 10 proyección a 6 meses de los costos de mantenimiento después de aplicado el análisis multicriterio.



Fuente: Elaboración propia.

Objetivo general: Implementar una gestión de mantenimiento basada en el análisis multicriterio para incrementar la disponibilidad y confiabilidad de la maquinaria de minería de la empresa MARSA.

Ilustración 11, Disponibilidad proyectada aplicando el análisis multicriterio.

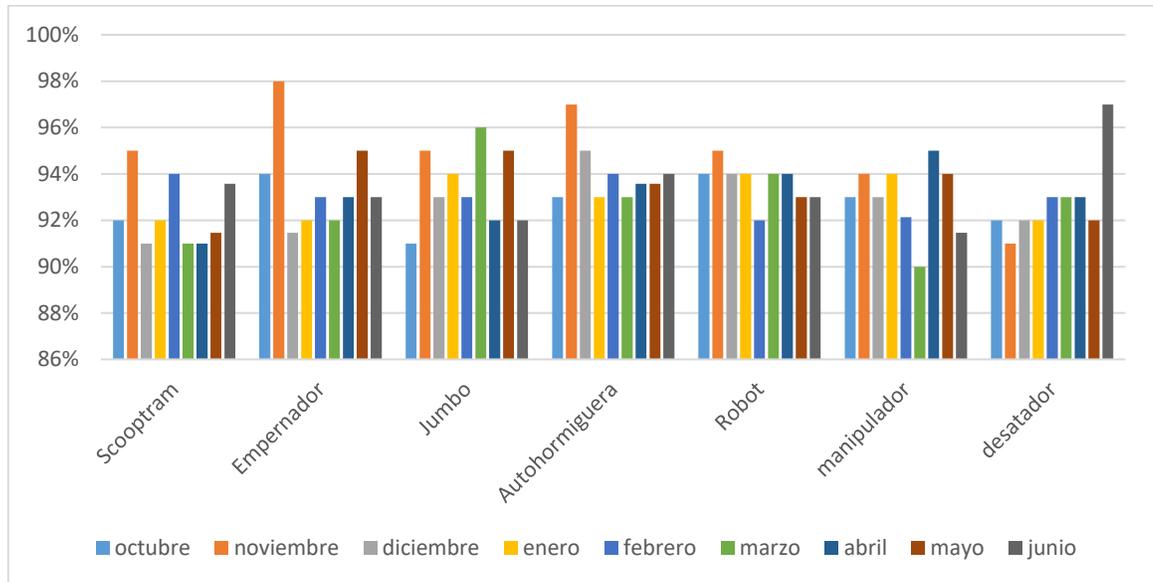


Interpretación

El análisis multicriterio aporta muchas metodologías que pueden utilizarse para constituir una perspectiva indudable hacia la mejor toma de decisiones a la hora de realizar la gestión de mantenimiento. De hecho, el análisis multicriterio se ha utilizado en la atención en el proceso de nivel del mantenimiento, pero su usanza se centra en la toma de disposiciones trascendentales y la elección de criterios, teniendo en avance el punto de qué es lo óptimo a largo plazo y los beneficios que acarrea el mismo.

El apoyo a la toma de decisiones a altura de la gestión de mantenimiento a asistencia de conservar una elaboración óptimas ejecutoras 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 las empresas mineras.

Tabla 13 confiabilidad proyectada aplicando el análisis multicriterio.



V. DISCUSIÓN

En la presente investigación se planteó el primer objetivo específico evaluar la gestión de mantenimiento actual de los equipos de minería subterránea de la empresa MARSA. Según (Arango, 2020) En la gestión de mantenimiento se precisan acciones desde el lavado de la máquina, mantenimiento de motor, hidráulica, de transmisión, y eléctrico, engrase de áreas específicas, cambios de aceites y filtros que son necesarios según sea su tiempo de uso. Concluido estos procesos de mantenimiento de los sistemas o línea de producción, se realizarán los trabajos correctivos, los cuales se generados a partir de las inspecciones de los equipos que están frente a las operaciones, estas son ingresadas a un registro por los operadores.

Es así como en el presente estudio se encontró que dentro del tiempo establecido para la investigación septiembre 2021 a septiembre del 2022 se dio seguimiento a los equipos utilizados por la empresa minera, a lo cual se realiza en un sistema que posee la empresa llamado SIG un registro semanal y luego mensual de las actividades programadas, no programadas, correctivas, de mantenimiento preventivo, de disponibilidad mecánica, paradas, tiempo entre fallas y tiempo de reparación, en donde se determinó que la menor disponibilidad lo presentaban el equipo Desatador con un 44,29%, presentando también un % útil de 14,95%. Es así que (Zambrano-Castro y Pérez-Guerrero, 2021) establece que el nivel máximo de disponibilidad es un fin importante para cualquier empresa pues es en ese momento en que se determina la verdadera productividad, porque al disponer de una cantidad optima de equipos para el proceso en un porcentaje elevado se tienen la eficiencia del proceso y por ende la rentabilidad de la misma, además, Consiguientemente, se puede demostrar que la disertación sobre la disponibilidad es de transcendental importancia para poder realizar un diagnóstico inicial de todo el proceso, lo que da como resultado una situación en donde valores encontrados determinan el estado actual de dicho indicador; lo que nos indica que la investigación debe seguir su curso para dar un

aporte al mejoramiento de la producción y la gestión de mantenimiento. El segundo objetivo específico fue aplicar el análisis multicriterio a la gestión de mantenimiento; (Velez, 2019) En el análisis multicriterio es posible realizar un bosquejo de las propiedades definidas y consideradas como críticas, por ejemplo: La Caracterización de todas las alternativas electivas posibles; la implantación de criterios a modo de costos, el uso de una estimación cuantitativa de los criterios para la posterior clasificación de cada elección. Al respecto con la primera particularidad, la bibliografía que consta para los métodos de mantenimiento a nivel operativo basado en el análisis multicriterio son pocos conocidos o solo de manera parcial. Por lo tanto, se hace necesario establecer un procedimiento para divisar las alternativas completas de elección inicial de un suceso en la gestión de mantenimiento.

Se analiza la técnica de estudio de sensibilidad sobre las razones de elección para un patrón fundamental de toma de decisiones con el análisis multicriterio y su atención en la toma de decisiones para una óptima gestión de mantenimiento.

Según (Ferrera, Javier y Teresa, 2018) el modelo de análisis multicriterio entrega una mejor perspicacia del problema, lo cual induce que la solución del problema sea más triunfante. Por lo que se puede razonar que el proceso escogido como parte de la táctica puede tener otros criterios de análisis adjunto del investigador, gracias a que en toda colectividad donde existan activos que establezcan los medidas de manufactura y renta que se podrá traer el proyecto; sin embargo, en la presente investigación su nivel se encuentra en la perspectiva media, porque la empresa presenta en estudio un cumplimiento con los equipos utilizables para el análisis, su debida aplicación y validez del método analítico.

El tercer objetivo específico fue determinar la disponibilidad y confiabilidad en los equipos una vez aplicado el análisis multicriterio a la gestión de mantenimiento para ello se contó con la información establecida para el proceso de mantenimiento de cada uno de los equipos analizados en esta investigación. Por ello, según (Ramírez, 2019) al presentarse la oportunidad de realizar una mejora al plan de mantenimiento, se debe tomar con el propósito de aplicarlo de forma sencilla y basada en los criterios de especialización, los cuales ayudarán a que todos los procesos se cumplan de manera

eficiente y la disponibilidad de los equipos esté al máximo, lo que contribuirá a un mejor nivel de producción, una buena rentabilidad y una baja en los costos.

Dado estas referencias se puede expresar que el análisis establecido en el análisis multicriterio con la perspectiva de crear plan de mantenimiento basado en el, analizando los criterios nos apertura la posibilidad de generar menos paradas al equipo industrial para generar menor paradas en la producción.

. Con los datos proporcionados por el personal de mantenimiento de la empresa en donde se dio a conocer el porcentaje de disponibilidad y utilidad de cada equipo antes de la aplicación del análisis multicriterio se observó el porcentaje mínimo de confiabilidad de los equipos, lo cual al analizar detalladamente el registro, se escatimó que es generado por el mantenimiento correctivo aplicado a cada uno de los equipos el cual es mayor que el programado, lo que acarrea una desorganización, así como el nivel bajo de conocimiento con respecto al mantenimiento, lo cual lo enfocan como solo el de corregir y no el de prevenir, Por eso (Muñoz Muñoz, 2018) establece que la confiabilidad de un equipos viene generada por la disponibilidad que tenga para ser usado en el proceso productivo y el trabajo continuo sin desperfecto que presente. Lo que ayuda a la generación de un mantenimiento optimo y de calidad.

El cuarto objetivo específico es el de determinar el costo beneficio de la implementación de un plan mantenimiento basado en el análisis multicriterio para los equipos trackelss de la empresa minera MARSA. Según (Tarrillo Santa Cruz, 2020) la industria está priorizando en las técnicas de mantenimiento preventivo que poseen la consolidación de reducir las fallas y dotar a los procesos productivos de grupos de trabajo efectivos, es así como en muchas estructuras las faenas de mantenimiento se hacen con mucha frecuencia y no conforme el proyecto y no poseen presente las condiciones de la planta y los conjuntos. Esta investigación nos da a conocer un software llamado Total decisión que se utiliza en el proceso de un punto de vista integral para la elección dentro de proceso productivo del mantenimiento idóneo, reduciendo de esta manera el costo superfluo incidido en el mantenimiento. En esta investigación se estableció 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. 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 (Padrón y Mayhua, 2022) 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 para el cual está desarrollado el negocio de la empresa en estudio.

VI. CONCLUSIONES

1. El cálculo de disponibilidad hallado en los activos durante el periodo de tiempo establecido para la investigación 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: Scooptram 90,8%, Empernador 89.92%, Jumbos electrohidráulico 91.78%, Autohormigera 90.65%, Manipulador telescópico 90.23%, Robot Shocretero 90.33%, Desatador mecánico 91.42 %.
2. El cálculo de confiabilidad hallado en los activos durante el periodo de tiempo establecido para la investigación 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: Scooptram 96,72%, Empernador 90.79%, Jumbos electrohidráulico 95.87%, Autohormigera 96.19%, Manipulador telescópico 97.76%, Robot Shocretero 98.03%, Desatador mecánico 95.56 %.
3. El diseño de la mejor estrategia para el análisis multicriterio se basó en utilizar un procedimiento rentable y que se adecue a los informes de datos disponibles, con los cuales se estructuraron métodos de decisión multicriterio , que comienzan desde la identificación de criterios de valoración, el valor o el peso relativo de cada uno, de las situaciones en que son importantes, 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 el proceso minero de la empresa. Por ello se optó por utilizar la herramienta Total decisión, software que de una manera eficiente optimiza la mejor decisión en la gestión de mantenimiento.
4. 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 y preventivo programado 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.

5. 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, se puede lograr por hacer un mantenimiento conveniente y eludir averías. Por consiguiente, si con una optimización del proyecto de mantenimiento se logra minimizar un porcentaje la media de tiempo entre averías y reparación, entonces incrementará la época de producción, por lo cual la organización obtendrá más dinero por producción. Basando en los resultados obtenidos se afirma que la implementación del plan de mantenimiento resulta una disminución de los costos de mantenimiento, lo que indica que es efectivo la aplicación del análisis multicriterio a la gestión de mantenimiento y su optimización en el proceso.
6. El haber aplicado el método de toma de decisiones multicriterio como método de análisis basado en la herramienta de software Total decisión, originó perspectivas de análisis con criterios definidos por el equipo de reparación, mantenimiento y revisión, con el cual entregó una implementación del plan de mantenimiento enfocado en la fallas recurrentes y esto nos permitió el poder incrementar la disponibilidad de los activos considerablemente dando como

consecuencia una mayor rentabilidad al generarse e incrementarse los ratios de producción requeridos por la operación diaria.

VII. RECOMENDACIONES

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

1. 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.
2. El proceso de selección del activo en el cual se aplicó el análisis 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.
- 3.- Utilizar la herramienta de software utilizada como simulador llamada Total decisión para seguir ampliando en el transcurso del tiempo en análisis multicriterio no solo a esta área sino de manera general.
- 4.- 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, mantenimiento 4,0, entre otros lo cual nos permitirá el análisis con la finalidad de diagnosticar profundamente otras perspectivas de evaluación, permitiendo así una mejor visión de lo obtenido.
- 5.- 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 la gestión de mantenimiento.
- 6.- 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.

REFERENCIAS

- ARANGO, A., 2020. *DESARROLLO DE UN PLAN DE GESTION DE MANTENIMIENTO PARA LAS MAQUINAS Y VEHICULOS DEL CUERPO DE BOMBEROS VOLUNTARIOS DEL MUNICIPIO DE PUERTO ASIS, PUTUMAYO* [en línea]. S.l.: Universidad Francisco de Paula de Santader. Colombia. Disponible en: <http://repositorio.ufpso.edu.co/handle/123456789/849>.
- ARIAS, J. y COVINOS, M., 2021. . *Diseño y metodología de la investigación*. S.l.: s.n.
- CANSADO-BRAVO, P. y RODRÍGUEZ-MONROY, C., 2017. Toma de decisiones mediante metodología multicriterio (carbón nacional y seguridad energética). *Dyna (Spain)*, vol. 92, no. 6, pp. 667-672. ISSN 19891490. DOI 10.6036/8311.
- CHÁVEZ, C. y HUAMANÍ, J., 2018. *Optimización de los tiempos operativos de los equipos trackless para el logro de la productividad en la compañía minera Volcan, unidad Chungar–2017. 2018*. [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <http://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/597>.
- FERRERA, J., JAVIER, C. y TERESA, O., 2018. Multi-criteria optimization for last mile distribution of disaster relief aid: Test cases and applications. *European Journal of Operational Research* [en línea], vol. 269, no. 2, pp. 501-515. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.02.043>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377221718301760>.
- FLORES, M., MEDINA, D. y VARGAS, D., 2020. ASIGNACIÓN DE MODELOS DE MANTENIMIENTO BASADA EN LA CRITICIDAD Y DISPONIBILIDAD DEL EQUIPO. *CienciaAMerica*, vol. 9, pp. 4. DOI <http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i4.340>.
- GALLOSO ZAMIR, 2020. *Diseño de una propuesta de mejora del área de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de maquinarias en una empresa del sector minería Cajamarca, 2020*. [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en:

- <https://hdl.handle.net/11537/31673>.
- HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R., 2018. metodología de investigación. , pp. 88-101.
- MUÑOZ MUÑOZ, F.F., 2018. Gestión de mantenimiento en equipos Trackless para disminuir las horas de parada por fallas mecánicas en Unidad Minera San Cristobal. [en línea], pp. 102. Disponible en:
[http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/3561/Muñoz Muñoz_TRABA2DAESP_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/3561/Muñoz_Muñoz_TRABA2DAESP_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- ORTEGA, Y., 2022. *La gestión de mantenimiento en la implementación de costo de mantenimiento para equipos de perforación Jumbo modelo DD421*. S.I.: UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN.
- PADRÓN, J. y MAYHUA, Y., 2022. Propuesta de mejora del sistema de gestión en el área de mantenimiento de palas de una empresa minera para mejorar la disponibilidad y productividad de los equipos, aplicando Mantenimiento Productivo Total (TPM). [en línea], pp. 0-269. Disponible en: Propuesta de mejora del sistema de gestión en el área de mantenimiento de palas de una empresa minera para mejorar la disponibilidad y productividad de los equipos, aplicando Mantenimiento Productivo Total (TPM).
- QUEZADA, M. y TORRES, R., 2019. *Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) para incrementar la efectividad en el área de mantenimiento de la empresa Aguilar Transportes & Servicios Múltiples, San Juan de Lurigancho, 2019*. 2019. [en línea]. S.I.: s.n. Disponible en:
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/50944>.
- RAMÍREZ, M., 2019. *Mantenimiento óptimo multiobjetivo de la generación, coordinado con despacho hidrotérmico, considerando toma de decisiones multicriterio*. [en línea]. S.I.: Universidad Tecnológica de Pereira. Disponible en:
<https://repositorio.utp.edu.co/items/ef3b8a63-418b-4d28-bdee-e23221d97b90>.
- RIVERA, C., LETELIER, J. y ACEVEDO, B., 2019. Calidad del agua del estero el sauce, Valparaíso, Chile Central. *Revista internacional de contaminación ambiental*, [en línea], vol. 36, pp. 261-273. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/journal/370/37072372004/html/>.
- RIVERA, M., 2019. *PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EL ÁREA DE*

- OPERACIONES AUTOMOTRICES PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE LOS PROCESOS DEL SERVICIO POSVENTA.* [en línea]. S.l.: Universidad de San Carlos de Guatemala. Disponible en:
<https://core.ac.uk/download/pdf/328335121.pdf>.
- RUIZ, F., 2019. uso de la herramienta Total Decision para el Análisis Multicriterio y Priorización de actividades de mantenimiento industrial. *JF Corporación Industrial.SAC* [en línea]. Disponible en: I.
- SÁNCHEZ ALTAMIRANO, A.F., 2020. Plan de mantenimiento - metodología RCM optimizar el funcionamiento de la línea mixta del centro de inspección técnica vehicular ATA IRH S.A.C. Chiclayo. *Repositorio Institucional - UCV* [en línea], [Consulta: 27 noviembre 2022]. Disponible en:
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/46119>.
- SARANGO, C.T. y HERNÁNDEZ, D.L., 2018. Soporte de decisión multicriterio para el mantenimiento de equipos médicos en un entorno neutrosófico lingüístico heterogéneo. , vol. 7, pp. 8-16.
- SHEHNAZ, T., FARHAD, A. y ZUHAIB, Q., 2019. «Entrepreneurial competencies and SMEs' growth: the mediating role of network competence», le. *Asia-Pacific Journal of Business Administration*, V [en línea], vol. 11, no. 1, pp. 2- 29. DOI <https://doi.org/10.1108/APJBA-05-2018-0084>. Disponible en:
https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/APJBA-05-2018-0084/full/html?_ga=2.79904146.489954795.1630483522-1103849939.1630483522&utm_source=TrendMD&utm_medium=cpc&utm_campaign=Asia-Pacific_Journal_of_Business_Administration_TrendMD_0&WT.mc_id=Em.
- SYAN, C.S. y RAMSOOBAG, G., 2019. Maintenance applications of multi-criteria optimization: A review. *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 190, no. ISSN 0951-8320., pp. 106520. DOI 10.1016/J.RESS.2019.106520.
- TARRILLO SANTA CRUZ, L.E., 2020. *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa Construcción y Administración S.A., provincia de Bagua, Amazonas.* S.l.: s.n.
- VELEZ, W.D., 2019. *Análisis multicriterio como herramienta para la selección de la*

alternativa energética sostenible para el contexto de la Hacienda Jerusalén, Cauca. [en línea]. S.l.: Universidad autónoma de occidente. Colombia.

Disponible en: <https://red.uao.edu.co/handle/10614/11987>.

ZAMBRANO-ASCENCIO, J.A. y PÉREZ-GUERRERO, J.N., 2021. Caracterización del estado de aplicación de las técnicas de mantenimiento predictivo de la flota atunera industrial que opera en el Pacífico Oriental. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*, vol. 4, no. 8 Edición especial diciembre. DOI 10.46296/ig.v4i8edespdic.0052.

ZAMBRANO-CASTRO, J.W. y PÉREZ-GUERRERO, J.N., 2021. Estudio de la aplicación del mantenimiento predictivo en motores diésel en la provincia de Manabí. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*, vol. 4, no. 8 Edición especial diciembre. DOI 10.46296/ig.v4i8edespdic.0053.

ANEXOS

El Sistema Nervioso... Influencia de los m... Repositorio PUCES... Vista de La promoci... Repositorio Univers... Vista de Programa "...

La extensión actualizada necesita permisos adicionales. Ve al administrador de extensiones para aceptar la actualización. Ir a extensiones

VILENIO TOTAL DECISION - SERVICIOS CONTACTO BLOG

TOTAL DECISION

Análisis Multicriterio
Análisis Trade-off
Análisis Costo/Beneficio
Análisis Riesgo/Beneficio

Análisis de Sensibilidad
Análisis de Riesgo
Análisis de Portafolio de Proyectos

Características de TOTAL DECISION

Anexo nº 1

Matriz de operacionalización de la variable gestión de mantenimiento basado en el análisis multicriterio.

Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Un modelo de gestión del mantenimiento debe ser eficaz, eficiente y oportuno, es decir, debe estar alineado con los objetivos impuestos en base a las necesidades de la empresa, minimizando los costos indirectos de mantenimiento. A su vez, debe ser capaz de operar, producir y lograr los objetivos con el mínimo costo (generando a su vez actividades que permitan mejorar los indicadores claves del proceso de mantenimiento, asociados a mantenibilidad y confiabilidad basado en la correcta decisiones de los objetivos que se plantean(Sarango y Hernández, 2018)	Para realizar una gestión de mantenimiento basada en el análisis multicriterio se debe recurrir a la gestión de mantenimiento actual para conocer su estado y ver en que se puede mejorar por medio de la aplicación de estrategias basadas en la toma de decisiones adecuadas para que la gestión de mantenimiento sea optima, (Cansado-Bravo y Rodríguez-Monroy, 2017)	Análisis multicriterio	Creación del manual de trabajo	Razón
			Creación del modelo de decisión	Razón
			La ponderación de criterios y valoración de alternativas.	Razón
			El resultado preliminar:	Razón
			El riesgo e incertidumbre en el análisis:	Razón
			Comparación de resultados	Razón

Anexo 2

Matriz de operacionalización de la variable indicadores de mantenimiento

Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Los indicadores de gestión de mantenimiento, denominados a veces KPI (<i>Key Performance Indicators</i>) son valores numéricos que, si están bien seleccionados, reflejan la situación y la evolución de un departamento de mantenimiento. (Zambrano-Ascencio y Pérez-Guerrero, 2021)	Los indicadores de mantenimiento miden la calidad de las operaciones para alcanzar los objetivos de mantenimiento establecidos, como la reducción del tiempo de inactividad o la reducción de costes. Son indicadores de referencia que permiten evaluar la evolución del equipo a lo largo del tiempo, que ponen de manifiesto en qué punto se encuentra el equipo y qué debe hacer para alcanzar los objetivos. Además, son un buen apoyo para definir el camino hacia la mejora continua del departamento de Mantenimiento (Padrón y Mayhua, 2022)	Disponibilidad Mecánica (D.M)	Horas programadas Horas mantenimiento preventivo Horas reparaciones mecánicas Horas reparaciones eléctricas Horas programadas.	Razón
		Tiempo Medio entre Falla.	Total de horas trabajadas	Razón
		Tiempo Medio para Reparación.	Número de paradas Horas totales de paradas. Tiempo totales de paradas.	Razón
		Confiabilidad.	Tiempo medio entre fallas. Tiempo promedio de reparación	Razón

Anexo nº 3

Técnica e instrumentos de recolección de datos.

Técnica	Instrumento
Observación	Hoja gráfica de operación
Revisión Documentaria	Hoja grafica documentaria
Encuesta	Cuestionario
Entrevista	Guía de entrevista

Anexo nº 4

Hoja grafica de operación (Actividades de gestión de mantenimiento)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
DESCRIPCION	MODELO	EQUIPO CODIGO MARSA	EQUIPO CODIGO SEPROCA	Nº SEMANA	MES	FECHA REPOR	GUARDIA	ESTADO DE EQUIPO	OPERADOR	TIPO PARADA	Nº PARADA
SCOOPTRAM	R1600H	SCO-OS-04	SCO-304	28	Julio	07/07/22	DIA	OPERATIVO	AVILA CUBA	Inspección	0
SCOOPTRAM	R1600H	SCO-OS-04	SCO-304	28	Julio	07/07/22	NOCHE	OPERATIVO	PAZ RAMOS	Inspección	0
SCOOPTRAM	R1600H	SCO-OS-06	SCO-305	28	Julio	07/07/22	DIA	OPERATIVO	SILVESTRE R.	Inspección	0
SCOOPTRAM	R1600H	SCO-OS-06	SCO-305	28	Julio	07/07/22	NOCHE	OPERATIVO	ESTEBAN IPARRAGUIRRE	Inspección	0
EMPERNADOR	BOLTER 88	JE-OS-01	BOL-201	28	Julio	07/07/22	DIA	OPERATIVO		Inspección	0
EMPERNADOR	BOLTER 88	JE-OS-01	BOL-201	28	Julio	07/07/22	NOCHE	OPERATIVO		Inspección	0
EMPERNADOR	BOLTER 99	JE-OS-02	BOL-206	28	Julio	07/07/22	DIA	OPERATIVO	JURADO CAMPOS	Correctivo	1
EMPERNADOR	BOLTER 99	JE-OS-02	BOL-206	28	Julio	07/07/22	NOCHE	OPERATIVO		Inspección	0
EMPERNADOR	BOLTER 99	JE-OS-03	BOL-209	28	Julio	07/07/22	DIA	OPERATIVO	NO REGISTRA	Inspección	0
EMPERNADOR	BOLTER 99	JE-OS-03	BOL-209	28	Julio	07/07/22	NOCHE	OPERATIVO	JAVIER MONTES	Inspección	0
JUMBO ELECTROHIDRAULICO	TROIDON 55	JUM-OS-01	JUM-101	28	Julio	07/07/22	DIA	OPERATIVO		Inspección	0
JUMBO ELECTROHIDRAULICO	TROIDON 55	JUM-OS-01	JUM-101	28	Julio	07/07/22	NOCHE	OPERATIVO		Inspección	0
JUMBO ELECTROHIDRAULICO	TROIDON 55	JUM-OS-02	JUM-104	28	Julio	07/07/22	DIA	OPERATIVO	CHACON RUIZ	Inspección	0
JUMBO ELECTROHIDRAULICO	TROIDON 55	JUM-OS-02	JUM-104	28	Julio	07/07/22	NOCHE	OPERATIVO	AGUILAR CHACA	Inspección	0
AUTOHORMIGONERA	3.5TT	AH-OS-01	MX-501	28	Julio	07/07/22	DIA	OPERATIVO	HUAYTALLA MATEO	Inspección	0
AUTOHORMIGONERA	3.5TT	AH-OS-01	MX-501	28	Julio	07/07/22	NOCHE	OPERATIVO	AGUILAR MEZA	Correctivo	1
AUTOHORMIGONERA	R30	AH-OS-03	MX-504	28	Julio	07/07/22	DIA	OPERATIVO		Inspección	0
AUTOHORMIGONERA	R30	AH-OS-03	MX-504	28	Julio	07/07/22	NOCHE	OPERATIVO		Inspección	0

Anexo nº 5

Hoja grafica de operación (Gestión de mantenimiento)

Set-22													
Descripción	Equipos	HRS. DIESEL	H. PERC	HM E.	HRS TRAB.	Nº PARAD.	HRS. MANTTO CORRECT.	HRS. MANTTO PREV.	HRS. MANTTO PROG.	HRS. INSP.	HRS. DAÑO OPER.	% DM REAL	
SCOOP	SCO-OS-04	233.00			233.00	2.00	154.00	11.00	7.00	19.50	1.00	↓ 67.92%	
BOLTER	JE-OS-01	22.20	22.70	18.90	41.10	9.00	324.40	0.00	0.00	10.50	0.00	↓ 44.18%	
JUMBO	JUM-OS-01	38.30	35.20	54.50	92.80	9.00	10.30	3.00	10.00	23.00	3.20	↑ 91.78%	
CARMIX	AH-OS-01	176.50			176.50	12.00	24.10	7.50	45.50	20.00	1.00	→ 83.65%	
ROBOT	RS-OS-03	88.00		48.53	136.53	10.00	31.50	10.70	7.50	22.50	10.00	→ 86.30%	
MANITOU	MT-OS-01	224.00			224.00	2.00	14.50	6.00	0.00	28.00	0.00	↑ 91.92%	
SCALER	SCA-OS-02	129.00	0.00		129.00	2.00	6.00	5.00	0.00	27.00	8.50	↑ 92.25%	
TOTAL GENERAL		911.00	57.90	121.93	1032.93	46.00	564.80	43.20	70.00	150.50	23.70	→ 79.71%	

DESCRIPCION	Equipos	DM %	UTIL %	MTBF	MTTR	Confiabilidad
SCOOP	SCO-OS-04	67.92%	41.39%	116.50	77.00	60.21%
BOLTER	JE-OS-01	44.18%	8.14%	4.57	36.04	11.24%
JUMBO	JUM-OS-01	91.78%	16.29%	10.31	1.14	90.01%
CARMIX	AH-OS-01	83.65%	33.00%	14.71	7.01	87.99%

DM (%) AÑO 2022							
MES	SCOOP	BOLTER	JUMBO	CARMIX	ROBOT	MANITOU	SCALER
ENERO	65.00%	55.40%	72.00%	88.13%	71.72%	88.00%	64.21%
FEBRERO	80.00%	62.10%	81.00%	78.57%	69.45%	64.00%	74.60%
MARZO	72.00%	74.36%	69.60%	64.00%	56.31%	81.21%	89.10%
ABRIL	68.08%	75.05%	62.18%	82.10%	88.00%	74.36%	88.63%
MAYO	88.08%	81.00%	77.47%	74.90%	66.29%	55.10%	86.74%
JUNIO	87.32%	79.70%	79.35%	58.10%	90.08%	45.25%	59.67%
JULIO	81.03%	70.48%	82.30%	85.00%	45.00%	65.80%	90.83%
AGOSTO	87.50%	25.24%	51.62%	80.25%	81.51%	83.45%	75.48%
SETIEMBRE	67.92%	44.18%	61.30%	77.64%	86.30%	76.32%	69.30%

UTIL (%) AÑO 2022							
MES	SCOOP	BOLTER	JUMBO	CARMIX	ROBOT	MANITOU	SCALER
ENERO	64.30%	24.83%	35.40%	30.06%	15.99%	14.08%	24.36%
FEBRERO	74.76%	48.50%	36.85%	26.05%	21.67%	19.04%	34.41%
MARZO	65.17%	39.18%	42.11%	53.87%	29.62%	40.17%	29.27%
ABRIL	66.95%	38.37%	35.38%	63.39%	4.98%	38.22%	27.29%
MAYO	46.36%	34.79%	28.62%	51.35%	24.75%	43.75%	29.85%
JUNIO	62.14%	23.49%	25.51%	41.04%	29.94%	65.56%	29.67%
JULIO	65.98%	0.76%	10.49%	55.27%	24.76%	64.03%	36.35%
AGOSTO	56.98%	3.13%	21.47%	50.19%	26.46%	53.28%	31.53%

Anexo nº 6

Hoja grafica documentaria (Programa de mantenimiento semanal)

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO SEMANAL														
N° Semanas: 40		MANTENIMIENTO		Hr. Actual	Tiempo Estimado	Dom	Lun	Mar	Mier	Jue	Vier	Sab	TRABAJOS A REALIZAR	
IT	Equipos	Hr	Prng.	Tipu	*****	****	****	****	****	****	****	****		
1	SCO-OS-06	D	1000.00	MP4	958.00	15			MP4					REVISAR SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO Y REALIZAR ENGRASE DE LINEA CARDANICA Y TORQUEO DE PERNOS
2	SCO-OS-07	D	500.00	MP3	430.00	10					MP3			REALIZAR ENGRASE DE ARTICULACION DE CUCHARON Y LINEA CARDANICA
3	JUM-OS-01	D	1000.00	MP4	1003.00	15		MP4						ESTANDARIZAR MANGUERA HIDRAULICAS Y REGULACION DE PRESIONES / REALIZAR MANTENIMIENTO DE COMPRESORA
4	MT-OS-01	D	5500.00	MP3	5497.00	10	MP3							CAMBIAR KIT DE SELLOS DE CILINDRO HIDRAULICO DE GATA
5	MT-OS-02	D	4250.00	MP2	4200.00	8				MP2				CAMBIAR LAS 4 LLANTAS Y REFORZAR CANASTILLA / LAVAR ENFRIADOR DE MOTOR DIESEL
6	MT-OS-03	D	375.00	MP1	348.00	8		MP1						LAVADO DE RADIADOR / ENGRASE Y EVALUACION DE CANASTILLA
7	SCA-OS-02	D	2625.00	MP1	2597.00	8						MP1		CAMBIO DE MARTILLO PERCUTOR / INSTALAR HOROMETRO DE PERCUSION

MP1	MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE 125 HORAS DIESEL
MP2	MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE 250 HORAS DIESEL
MP3	MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE 500 HORAS DIESEL
MP4	MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE 1000 HORAS DIESEL
MP-P	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PERCUSION
MP-C	MANTENIMIENTO PREVENTIVO COMPRESOR DE AIRE
MC	MANTENIMIENTO CORRECTIVO PROGRAMADO

Anexo nº 7

"CUESTIONARIO GESTION DEL MANTENIMIENTO"

1º Define que es el mantenimiento

Técnicas par que un equipo, herramental o persona este optimas condiciones para su uso.

2º Define de forma clara y breve que es gestión de mantenimiento

En la forma que se administrá los recursos disponibles para realización del mantenimiento.

3º Menciona las etapas de evolución del mantenimiento

Desde la revolución industrial se define a grandes rasgos la evolución del mantenimiento

La * Reparación de Averías * Mantenimiento correctivo

La * Relación entre probabilidad de fallo y falla * Mantenimiento programado * Sistema planificado

El *Mantenimiento preventivo * Análisis de causas y efecto *participación de producción

Los •Proceso de Mantenimiento. • Calidad Total. •Mantenimiento Fuente de Beneficio. • Mantenimiento Basado en el Riesgo (RBM).

4º Describa en qué consiste tiempo medio entre fallas

Consiste en el tipo de maquina línea o plano que cumpla su función sin ninguna interrupción de una falla funcional

5º Describe en qué consiste el tiempo medio para restaurar

Consiste en restaurar la función de un equipo, maquina, línea, después de una falla funcional incluye tiempo para analizar y diagnosticar la falla, tiempo para conseguir la secuencia del tiempo.

6º Menciona los tipos de mantenimiento en forma breve

Mantenimiento correctivo: Actúa cuando ya se ha presentado un error.

Mantenimiento preventivo: Planifica antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas. Se reemplaza la pieza antes de falle (tiempo de vida de un componente)

Mantenimiento predictivo: Consiste en determinar en todo instante la condición técnica real de la maquina examinada

Mantenimiento proactivo: Consiste en atacar las causas raíz del problema para eliminar por completo la falla.

7º Menciona en qué consiste el mantenimiento correctivo

Solo actuará cuando se presenta un error en el sistema. En este caso si no se produce ninguna falla, el mantenimiento será nulo, por lo que se tendrá que esperar hasta que se presente el desperfecto para tomar medidas de corrección de errores.

Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, por lo que se dará el caso que por falta de recursos económicos no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado

La planificación del tiempo que estará el sistema fuera de operación no es predecible.

8º Describe dos formas para medir el mantenimiento correctivo

Paros no planeados

Costos por reparación

9º Describa la diferencia entre mantenimiento preventivo y correctivo

Antes de la falla y después de la falla del componente

Mantenimiento preventivo:

Ayuda a mantener a los equipos siempre operando, aunque genera un costo mayor en algunos casos.

Mantenimiento correctivo:

Actúa cuando se presenta el problema o avería del componente.

10º Describa en qué consiste el predictivo y proactivo

El predictivo: Consiste en determinar el estado de la maquina (condiciones de operación de los equipos)

El proactivo: Se utiliza el sistemas tecnológicos para recopilar una gran cantidad de información y gestionar los datos sobre el estado de la maquina o proceso y encontrar la causa raíz.

11º Mencione tres instrumentos utilizados para determinar fallas anticipadas

ANEXO N° 8

ENTREVISTA:

1.- ¿En la empresa es aplicado el mantenimiento tal como lo establece el manual de fabricante?

2, - ¿Qué tipo de mantenimiento realizan en la empresa, y por qué?

3.- ¿Cuenta con personal capacitado para ello, les realizan capacitaciones constantes para el manejo de los equipos y su mantenimiento?

4.- ¿Conoce sobre la gestión de mantenimiento basado en el análisis multicriterio? Si su respuesta es afirmativa, ¿explique el conocimiento que posee del mismo?

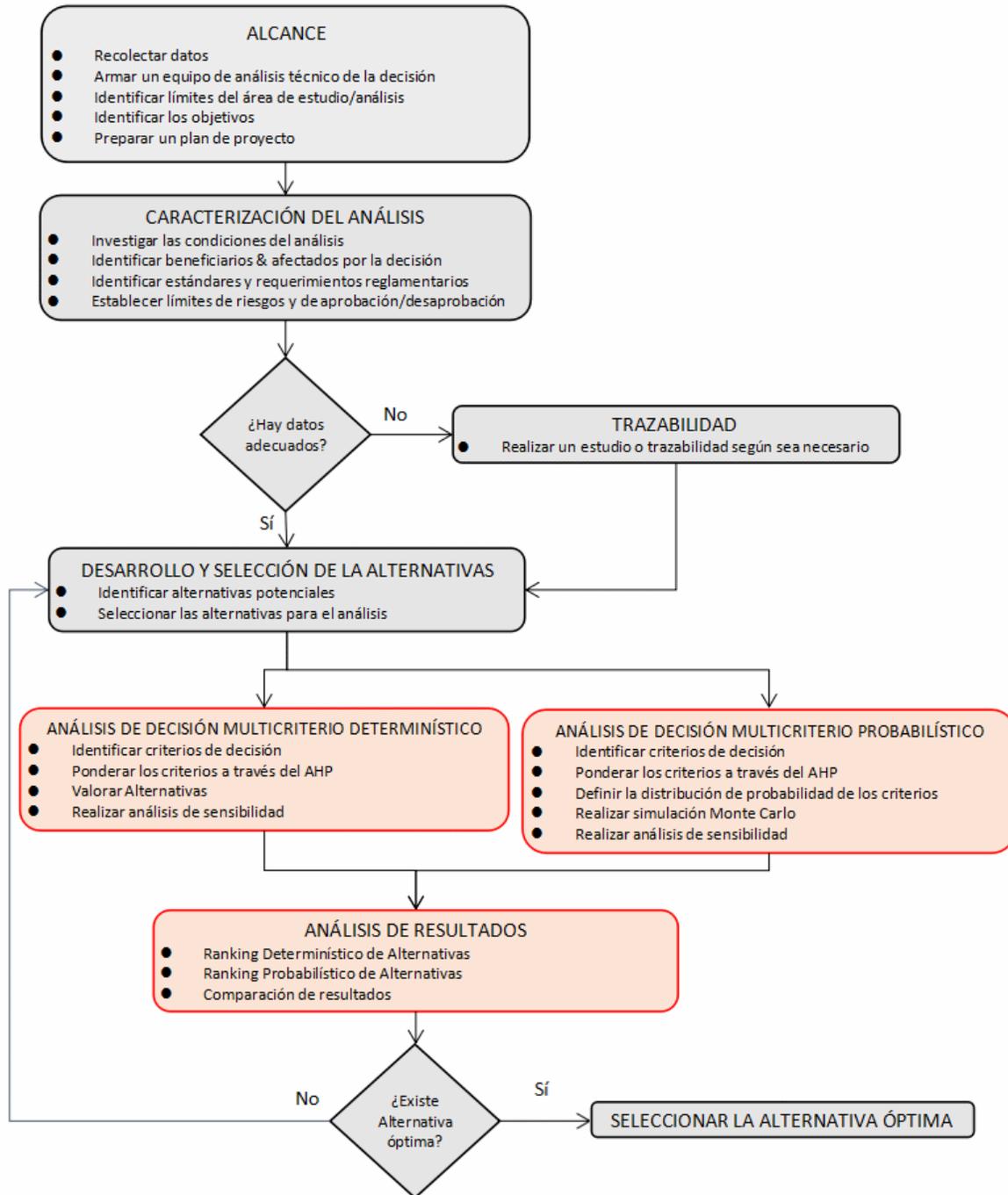
5.- ¿Quisiera aplicar la gestión de mantenimiento basado en el análisis multicriterio a la unidad de mantenimiento que actualmente trabaja?

6.- ¿Brindaría información necesaria en relación a la gestión de mantenimiento que posee la empresa para realizar un análisis multicriterio a la gestión y ver su eficacia?

Anexo nº 9

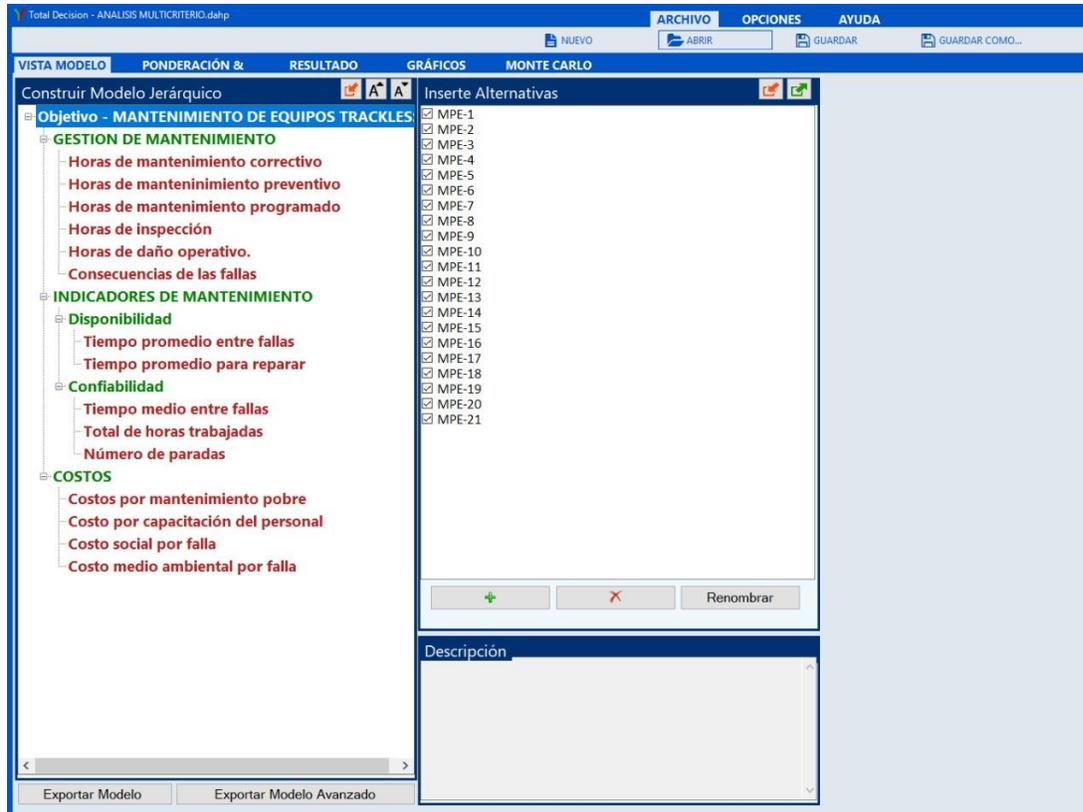
Marco de trabajo

Marco de trabajo



Anexo nº 10

Modelo de decisión



Anexo nº 11

Ponderación de los criterios

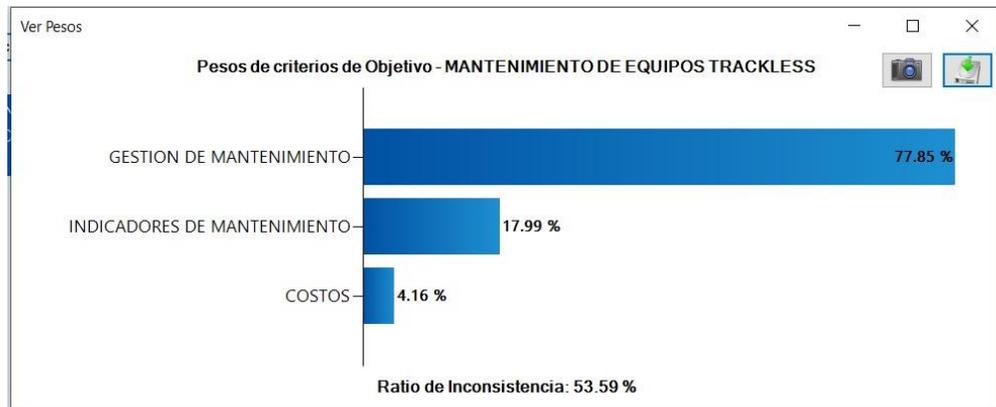
Selección para Ponderar

- Objetivo - MANTENIMIENTO DE EQUIP
- GESTION DE MANTENIMIENTO
- INDICADORES DE MANTENIMIENTO
 - Disponibilidad
 - Confiabilidad
- COSTOS

Objetivo - MANTENIMIENTO DE EQUIPOS TRACKLESS: ¿Cuál de los siguientes criterios es más importante?

Ratio de Inconsistencia: 0.0000

	GESTION DE MA.	INDICADORES D.	COSTOS
GESTION DE MA.	1	9	9
INDICADORES D.		1	9
COSTOS			1



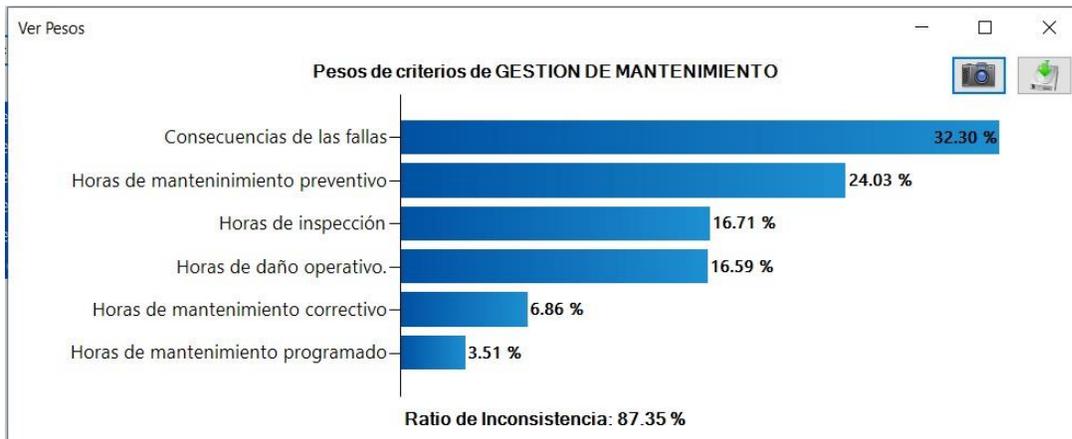
Anexo nº 11

Valoración de alternativas

The screenshot shows the 'Total Decision' software interface. The main window title is 'Total Decision - ANALISIS MULTICRITERIO.dafip'. The menu bar includes 'ARCHIVO', 'OPCIONES', and 'AYUDA'. Below the menu bar are tabs for 'VISTA MODELO', 'PONDERACIÓN &', 'RESULTADO', 'GRÁFICOS', and 'MONTE CARLO'. The 'PONDERACIÓN &' tab is active, showing a pairwise comparison matrix for 'GESTION DE MANTENIMIENTO'. The matrix is a 6x6 grid with the following values:

	Horas de mante.	Horas de mante.	Horas de mante.	Horas de inspec.	Horas de daño o.	Consecuencias d.
Horas de mante.	1	1/9	1/3	1/8	3	1/2
Horas de mante.		1	9	9	1/6	1/6
Horas de mante.			1	1/8	1/3	1/4
Horas de inspec.				1	3	1/3
Horas de daño o.					1	1/3
Consecuencias d.						1

The interface also shows a sidebar with 'Objetivo - MANTENIMIENTO DE EQUIP', 'GESTION DE MANTENIMIENTO', 'INDICADORES DE MANTENIMIENTO' (Disponibilidad, Confiabilidad), and 'COSTOS'. A question asks: 'Con respecto a GESTION DE MANTENIMIENTO: ¿Cuál de los siguientes criterios es más importante?'. The 'Ratio de Inconsistencia' is displayed as 87.35%.



Anexo nº 12

Resultados de alternativas y criterios

Tabla de Frecuencias y Gráfico General

- ☐ X

Alternativas	N	Valor Discreto (Original)	Media	Desv. Est.	Mínimo	Máximo	Error Estd.	Int. Confianza Inferior	Int. Confianza Superior	MSD	Gráfico
MPE-1	20000	0,54903	0,50065	0,01885960	0,43121	0,56015	0,000133358	0,4515300	0,5470875	0,009181148	Generar Gráfico
MPE-2	20000	0,58207	0,54221	0,02185202	0,45525	0,61781	0,000154517	0,4837790	0,5976889	0,003221137	Generar Gráfico
MPE-3	20000	0,53984	0,51293	0,02289735	0,44043	0,59311	0,000161909	0,4561813	0,5716903	0,007193055	Generar Gráfico
MPE-4	20000	0,48025	0,46380	0,02735182	0,36657	0,55977	0,000193407	0,3896210	0,5367941	0,017854576	Generar Gráfico
MPE-5	20000	0,47104	0,44674	0,02892086	0,34553	0,53832	0,000204501	0,3709819	0,5205133	0,022698418	Generar Gráfico
MPE-6	20000	0,54147	0,48341	0,02210304	0,40218	0,55322	0,000156292	0,4228481	0,5400367	0,012851627	Generar Gráfico
MPE-7	20000	0,48385	0,44295	0,02928869	0,32278	0,53726	0,000207102	0,3596355	0,5158835	0,023854451	Generar Gráfico
MPE-8	20000	0,55599	0,48300	0,02760004	0,37660	0,55719	0,000195162	0,4011304	0,5486137	0,013215420	Generar Gráfico
MPE-9	20000	0,63471	0,59459	0,02263142	0,50028	0,65704	0,000160028	0,5374150	0,6470528	0,000512181	Generar Gráfico
MPE-10	20000	0,56321	0,50380	0,02405637	0,42043	0,58196	0,000170104	0,4393554	0,5623503	0,008821726	Generar Gráfico
MPE-11	20000	0,58562	0,52514	0,01890733	0,45349	0,58699	0,000133695	0,4752524	0,5725643	0,005180943	Generar Gráfico
MPE-12	20000	0,48688	0,46254	0,02100593	0,38684	0,53622	0,000148534	0,4051780	0,5171511	0,017880166	Generar Gráfico
MPE-13	20000	0,56609	0,53494	0,02535561	0,43777	0,61107	0,000179291	0,4642607	0,5970020	0,004201252	Generar Gráfico

Total Decision - ANALISIS MULTICRITERIO.dhnp

ARCHIVO OPCIONES AYUDA

NUEVO ABRIR GUARDAR GUARDAR COMO...

VISTA MODELO PONDERACIÓN & RESULTADO GRÁFICOS MONTE CARLO

Modo Distributivo Modo Ideal

Detalle del peso de las Alternativas por Criterios

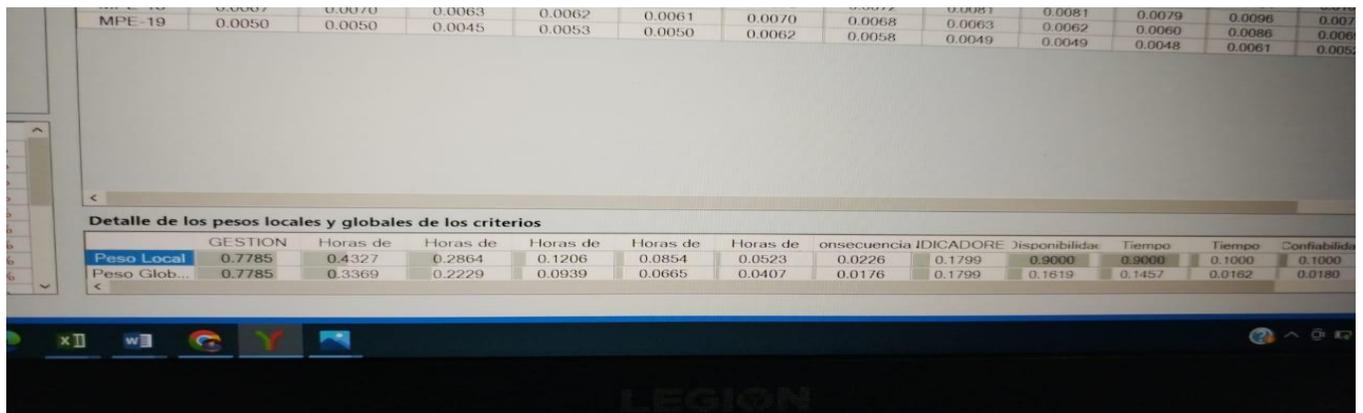
Alternativa	Objetivo	GESTION DE	Horas de mantenimiento	Horas de antenimien	Horas de mantenimiento	Horas de inspección	Horas de daño	consecuencia de las	IDICADORE DE	Disponibilidad	Tiempo promedio	Tiempo promedio	Confiabilidad	Tiempo medio	Total de horas	Núm pa
MPE-2	0.1654															
MPE-1	0.1535															
MPE-3	0.1323															
MPE-4	0.1015															
MPE-5	0.0824															
MPE-6	0.0689															
MPE-7	0.0556															
MPE-8	0.0479															
MPE-9	0.0385															
MPE-10	0.0314															
MPE-11	0.0271															
MPE-12	0.0219															
MPE-13	0.0173															
MPE-14	0.0146															
MPE-15	0.0126															
MPE-16	0.0099															
MPE-17	0.0077															
MPE-18	0.0066															
MPE-19	0.0050															

Resumen de IR

- Modelo Global: 38.76 %
- Objetivo - MANTENIMIE...: 53.69 %
- GESTION DE MANTENI...: 30.67 %
- Horas de mantenimiento...: 31.19 %
- Horas de mantenimien...: 42.23 %
- Horas de mantenimiento...: 39.69 %
- Horas de inspección: 40.99 %
- Horas de daño operativo: 43.24 %
- Consecuencias de las fa...: 43.59 %
- INDICADORES DE MA: 0.00 %

Detalle de los pesos locales y globales de los criterios

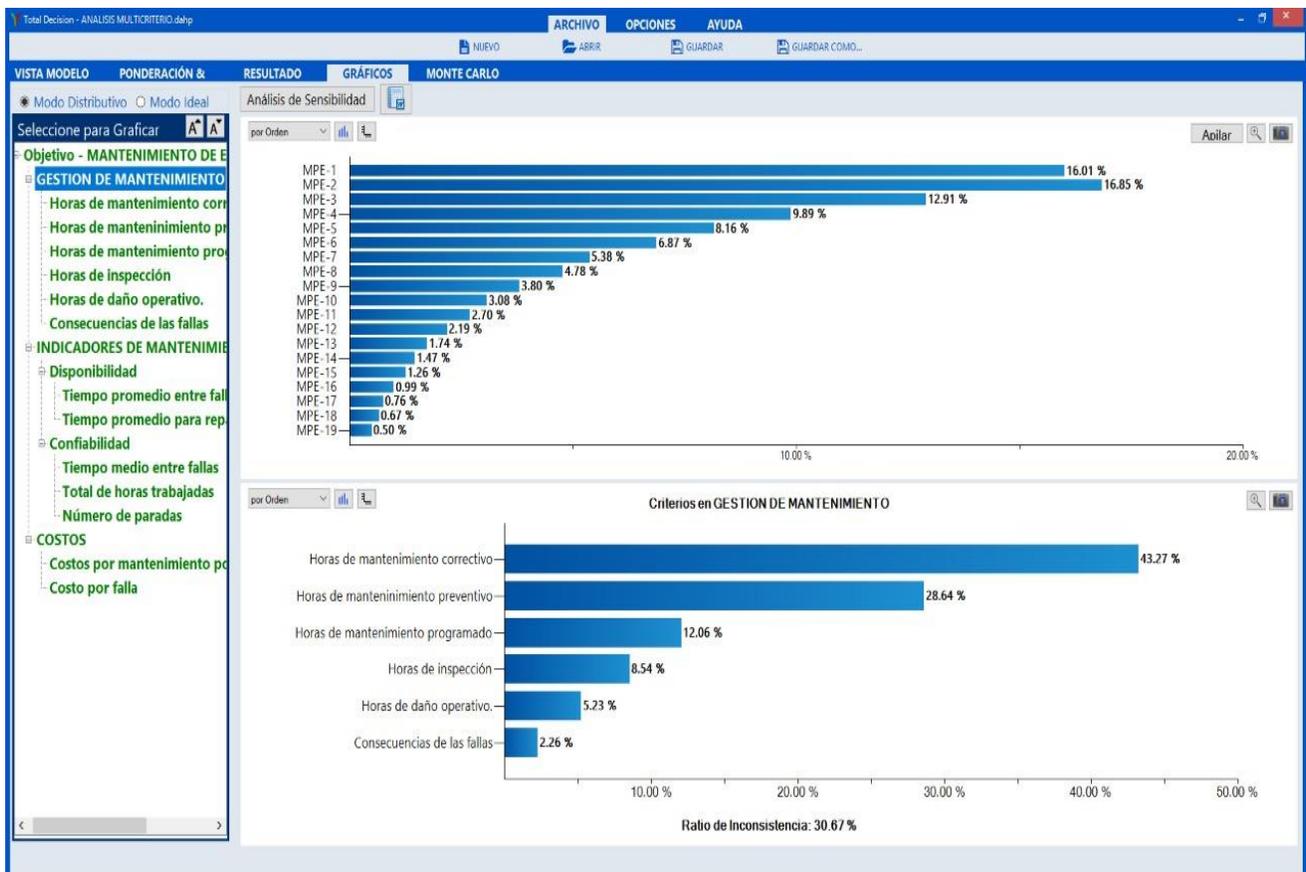
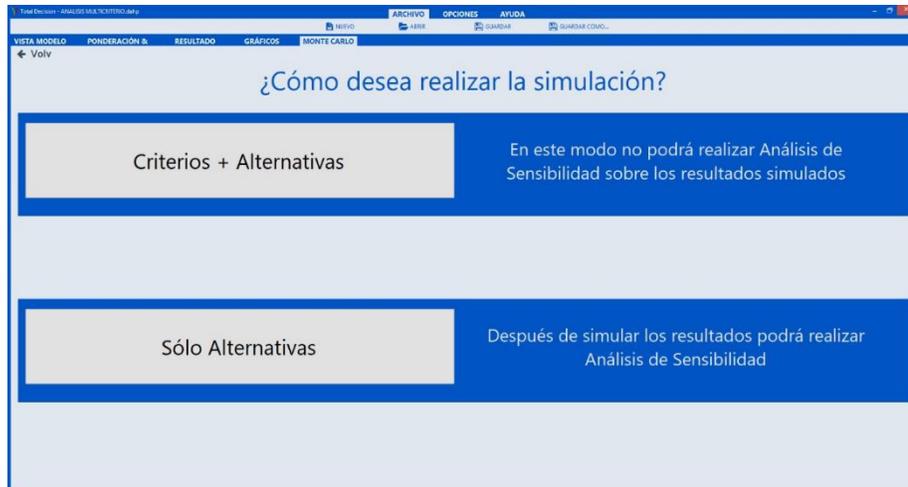
	GESTION	Horas de	consecuencia	IDICADORE	Disponibilidad	Tiempo	Tiempo	Confiabilidad	Tiempo	Total de	Λ				
Peso Local	0.7785	0.4327	0.2864	0.1206	0.0854	0.0523	0.0226	0.1799	0.9000	0.9000	0.1000	0.1000	0.7785	0.1799	
Peso Glob...	0.7785	0.3369	0.2229	0.0939	0.0665	0.0407	0.0176	0.1799	0.1619	0.1457	0.0162	0.0180	0.0140	0.0032	



Anexo nº 13

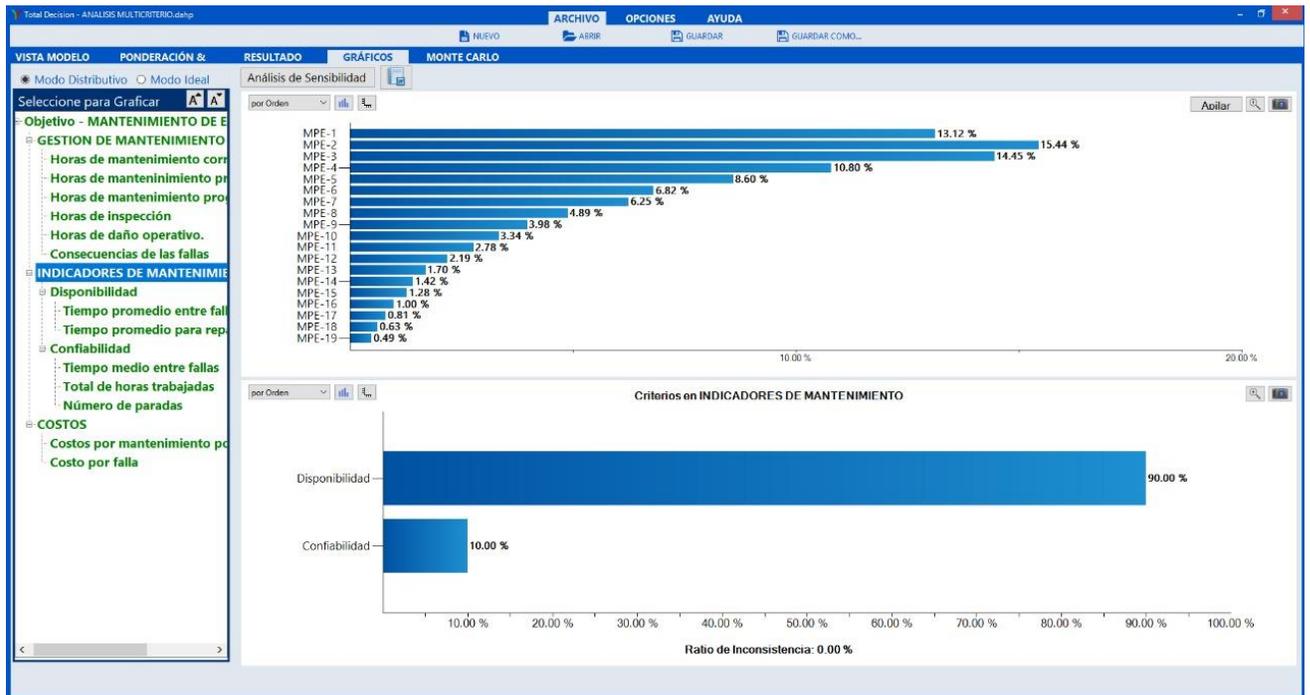
Análisis de sensibilidad

Gestión de mantenimiento

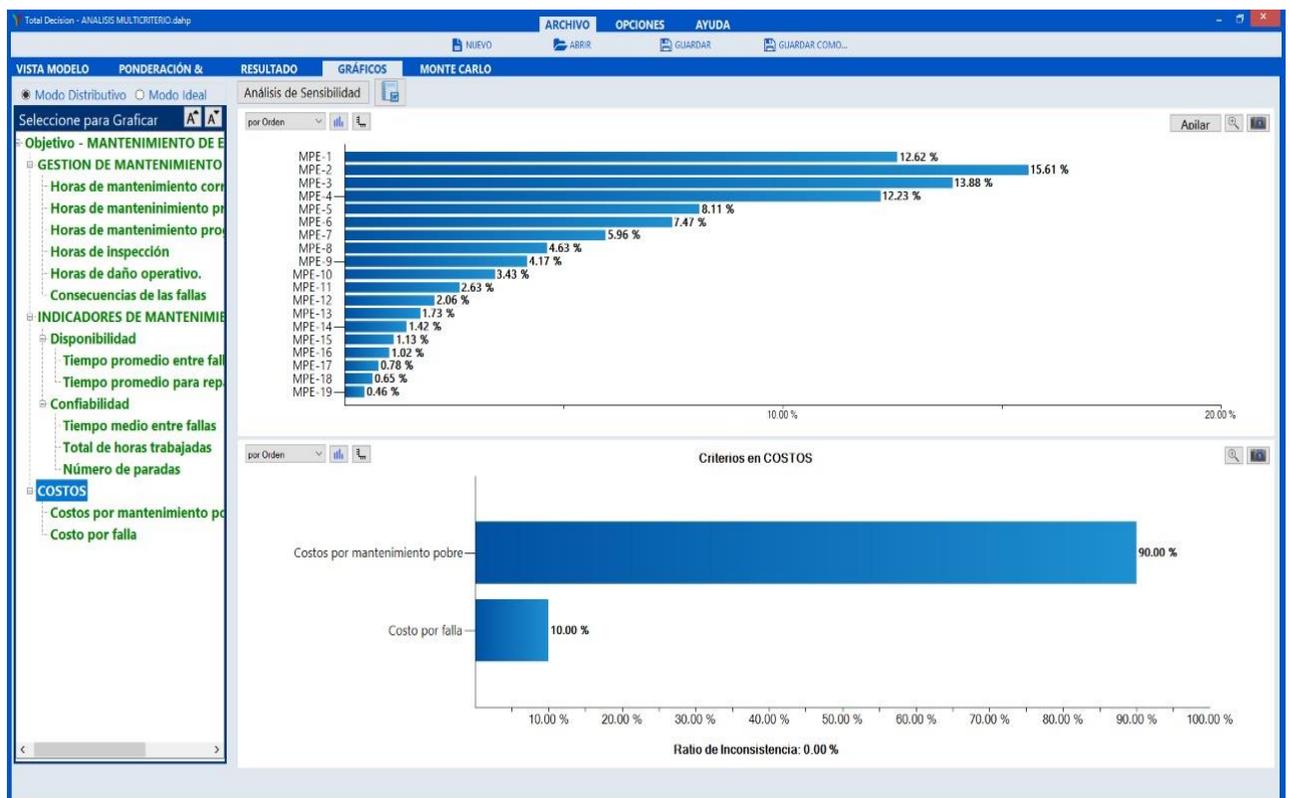


Análisis de sensibilidad

Indicadores de mantenimiento



Costos



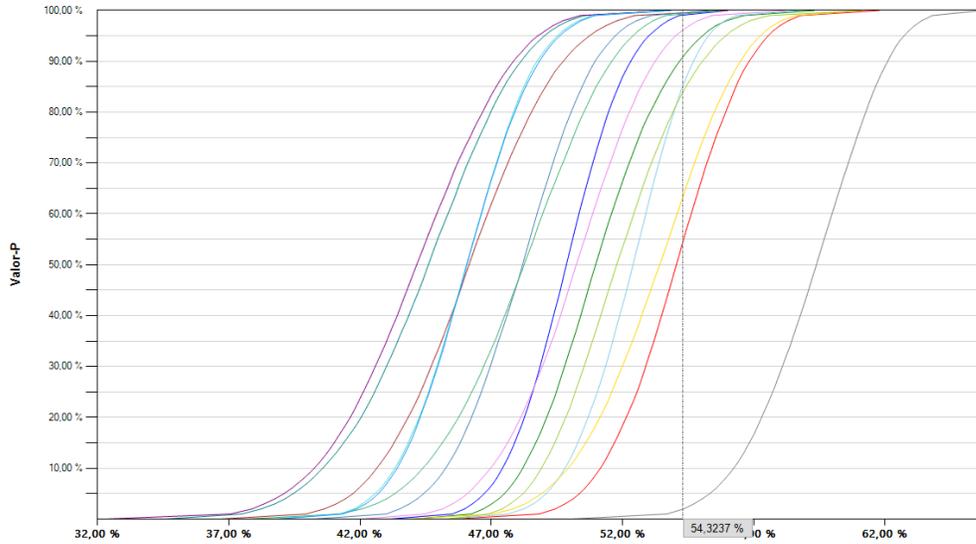
Anexos 14.-

Distribuciones

Distribución Acumulada de Alternativas

Mostrar Valores

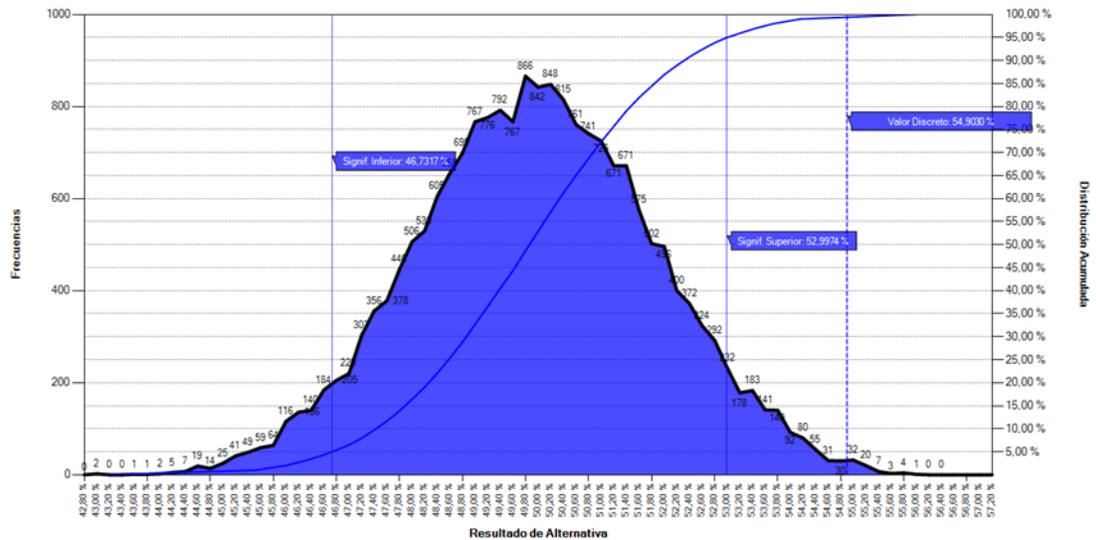
Distribución Acumulada de Alternativas

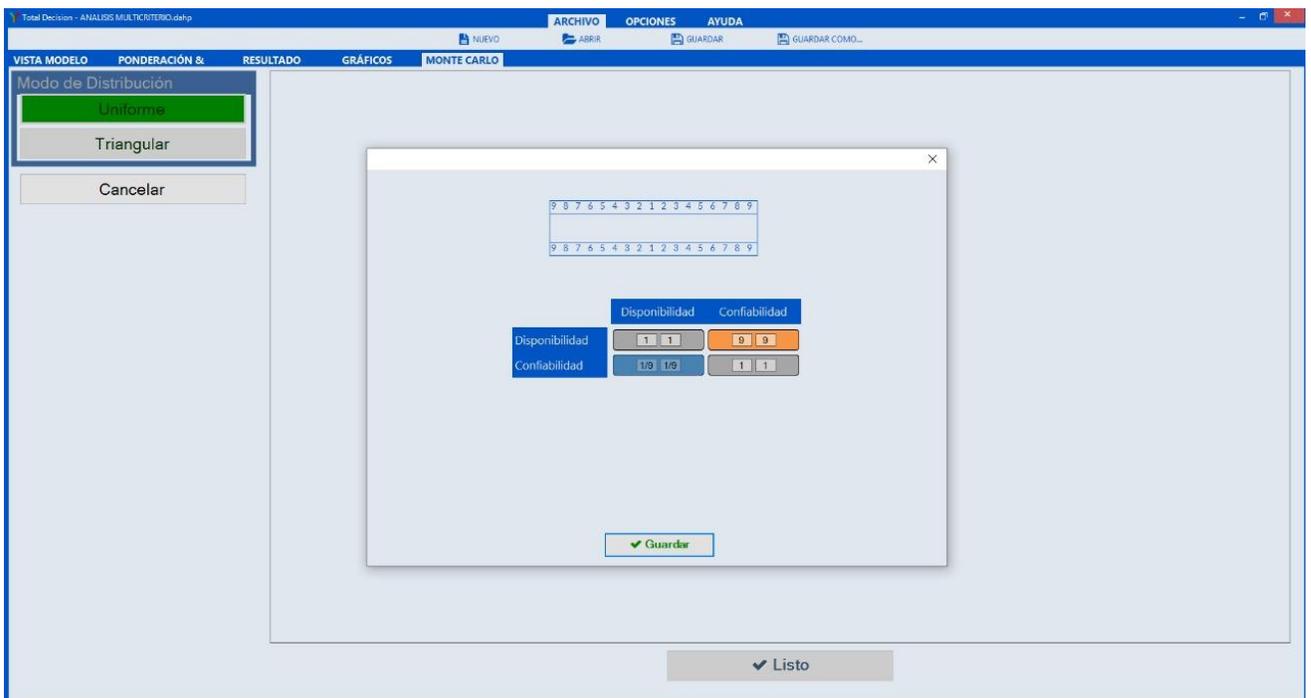
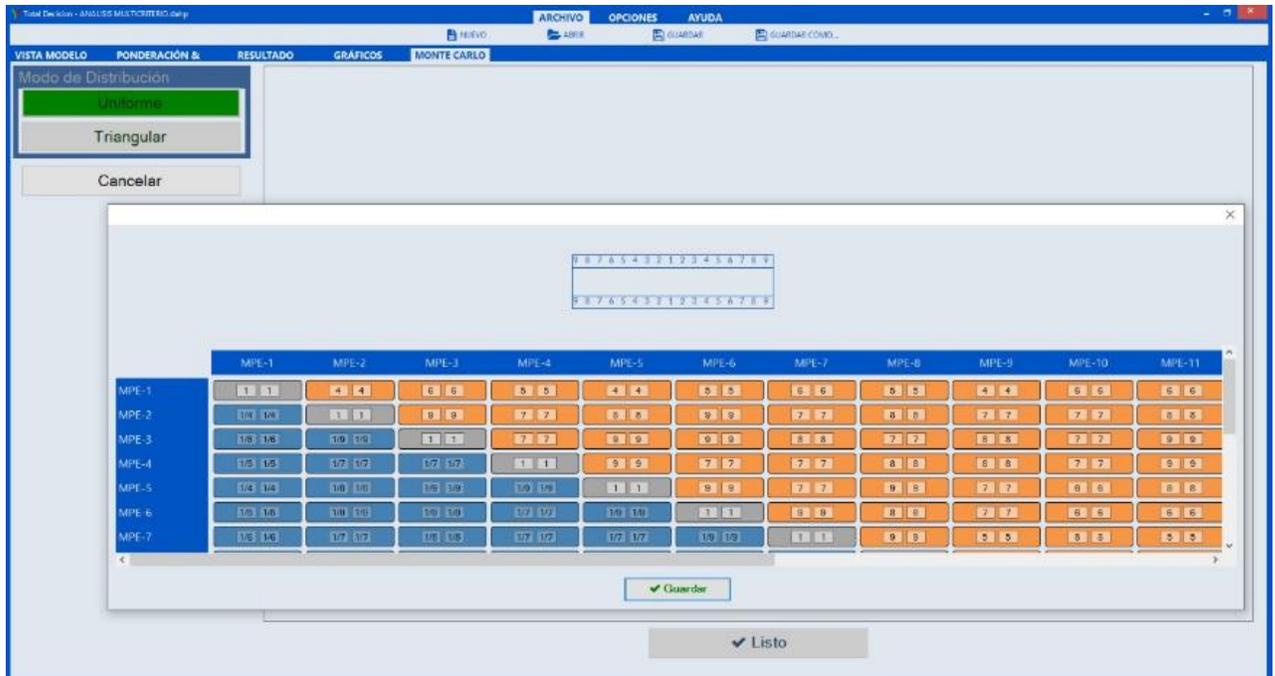


Interv. Confianza: 90 %
 Dist. Acumulada: 80 %

Histograma

Mostrar ...





Anexo nº 15

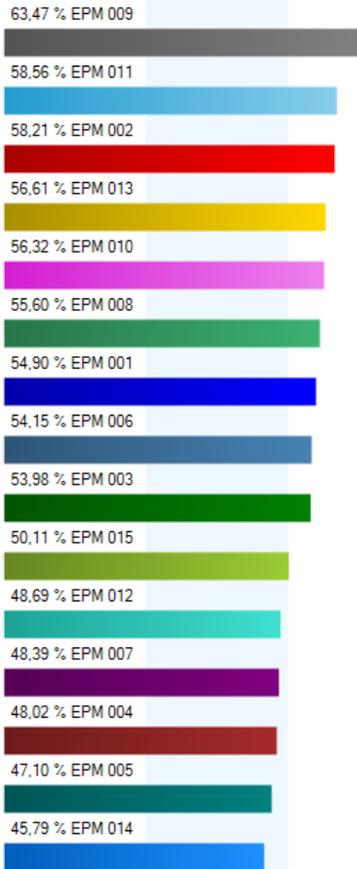
Resultados

Comparación entre Valores Discretos y Valores-P

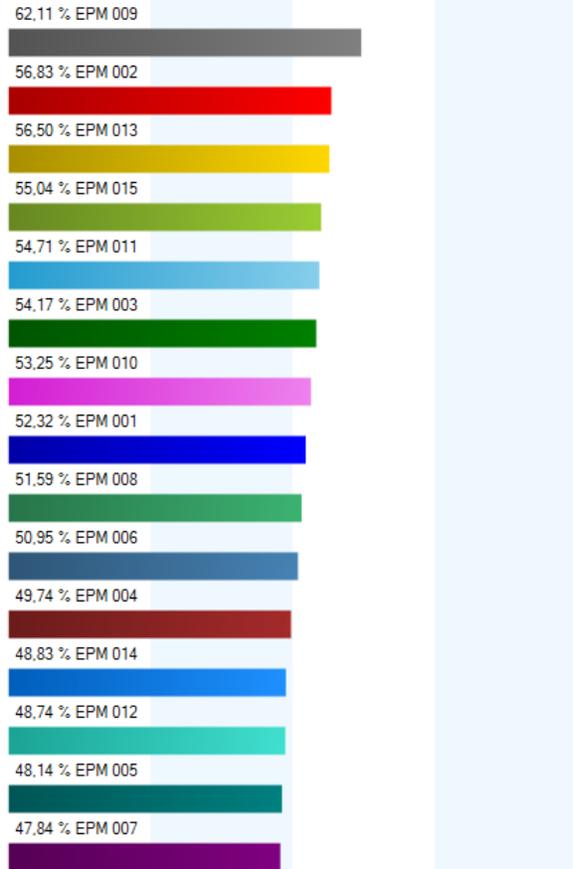
Valor-P: 90 % 

Mayor a Menor 

Valores Discretos:



Valores-P:



Costos por mantenimiento pobre

Valor [%]	Nombre del valor	Descripción
100	Crítico	Si no se realiza, el costo estimado si falla es > 50MM
80	Muy alto	Si no se realiza, el costo estimado si falla es > 40 MM a <50MM
60	Alto	Si no se realiza, el costo estimado si falla es > 30MM a <40MM
40	Medio	Si no se realiza, el costo estimado si falla es > 20 MM a <30MM
20	Bajo	Si no se realiza, el costo estimado si falla es > 10MM a <20MM
0	Insignificante	Si no se realiza, el costo estimado si falla es > 0MM <10MM

Consecuencias de falla

Valor [%]	Nombre del valor	Descripción
100	Inaceptable	La falla es inaceptable y el riesgo inaceptable (>20% y > \$2MM)
80	Crítica	La falla es crítica y el riesgo es crítico (20% y \$1 MM)
60	Importante	La falla es importante y el riesgo es mayor (15% y \$0,5 MM)
40	Considerable	La falla es considerable y tiene cierto riesgo (10% y \$0,2 MM)
20	Menor	La falla es menor y tiene cierto riesgo (5% y \$0,1 MM)
0	Ninguna	No existe posibilidad de falla ni riesgo alguno.

Anexo nº 16

Sistema SIG

X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AQ	AR	AS
GUIA DE REMISIÓN	FECHA G. REMISIÓN	STOCK ALMACEN OBRA	CONSUMO PROMEDIO ULT. 6 MES.	STOCK PRINCIPAL	CENTRO DE COSTO	EQUIPO	ULTIMO PRECIO	FECHA ULT. PRECIO	ULTIMA MONEDA
0010015193	03/03/21	0.00	10.00	185.00	MARSA - MANTTO TRACK CORRECT	MANTTOMARS	4.3000	18/11/22	AMERICANOS
		10.00	1.67	25.00	MARSA - MANTTO TRACK CORRECT	MANTTOMARS	4.3000	18/11/22	AMERICANOS
		30.00	6.67	65.00	MARSA - MANTTO TRACK CORRECT	MANTTOMARS	4.3000	18/11/22	AMERICANOS
0010015249	11/03/21	20.00	6.67	20.00	MARSA - MANTTO TRACK CORRECT	MANTTOMARS	25.1700	05/09/22	SOLES
		7.50	0.33	9.00	MARSA - MANTTO TRACK CORRECT	MANTTOMARS	110.0000	13/10/22	AMERICANOS
0010015193	03/03/21	4.00	1.33	0.00	MARSA - MANTTO TRACK CORRECT	MANTTOMARS	80.3000	05/09/22	SOLES
0010015193	03/03/21	0.00	0.00	0.00	MARSA - MANTTO TRACK CORRECT	MANTTOMARS	35.3600	11/11/22	AMERICANOS
0010015193	03/03/21	21.00	1.33	0.00	MARSA - MANTTO TRACK CORRECT	MANTTOMARS	1.5000	18/11/22	AMERICANOS
0010015193	03/03/21	19.00	1.33	0.00	MARSA - MANTTO TRACK CORRECT	MANTTOMARS	1.2000	30/05/22	AMERICANOS
0010015190	03/03/21	20.00	2.67	80.00	MARSA - MANTTO TRACK CORRECT	MANTTOMARS	0.8500	15/11/22	SOLES
0010015190	03/03/21	0.00	1.00	0.00	MARSA - MANTTO TRACK CORRECT	MANTTOMARS	48.5000	14/09/22	AMERICANOS
0010015123	22/02/21	3.00	0.33	2.00	MARSA - MANTTO TRACK CORRECT	MANTTOMARS	49.8000	14/09/22	AMERICANOS
0010015188	03/03/21	0.00	0.00	3.00	MARSA - MANTTO TRACK CORRECT	MANTTOMARS	18.0000	27/10/22	AMERICANOS
0010015193	03/03/21	54.00	2.33	0.00	MARSA - MANTTO TRACK CORRECT	MANTTOMARS	4.6600	24/11/22	SOLES
0010015193	03/03/21	11.00	0.33	2.00	MARSA - MANTTO TRACK CORRECT	MANTTOMARS	6.7800	21/11/22	SOLES
0010015190	03/03/21	89.00	9.33	0.00	MARSA - MANTTO TRACK CORRECT	MANTTOMARS	1.4000	18/11/22	AMERICANOS
0010015193	03/03/21	90.00	9.67	0.00	MARSA - MANTTO TRACK CORRECT	MANTTOMARS	3.8100	24/11/22	SOLES
0010015193	03/03/21	4.00	1.67	2.00	MARSA - MANTTO TRACK CORRECT	MANTTOMARS	9.5000	01/06/22	AMERICANOS
0010015193	03/03/21	3.00	2.33	0.00	MARSA - MANTTO TRACK CORRECT	MANTTOMARS	5.5000	01/06/22	AMERICANOS
0010015249	11/03/21	0.00	0.33	0.00	MARSA - MANTTO TRACK CORRECT	MANTTOMARS	195.0000	02/05/22	AMERICANOS

AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN DE EMPRESA

Yo Ocaña Salazar Antonio identificado con DNI 20036155 en mi calidad de jefe de mantenimiento del área de mantenimiento de equipos trackless de la empresa operaciones SEPROCAL S.A.C. con R.U.C N° 20508009977, ubicada en la ciudad de LLacuabamba.

OTORGO LA AUTORIZACIÓN,

Al señor Orbegoso ~~Alvarez~~ Roberto Winkler identificado con DNI N° 47224747, de la carrera profesional de ingeniería mecánica eléctrica, para que utilice la siguiente información de la empresa:

- Base de datos de reporte de equipos.
- Formatos de mantenimiento.
- Costos de gastos de mantenimiento.

con la finalidad de que pueda desarrollar su Tesis para optar el Título Profesional.

- (x) Publique los resultados de la investigación en el repositorio institucional de la UCV.
- Mantener en reserva el nombre o cualquier distintivo de la empresa; o
- Mencionar el nombre de la empresa.



Ficha de validación de contenido del instrumento

Observación: Hoja gráfica de operación

Nombre del instrumento	Hoja gráfica de Operación
Objetivo del instrumento	Información registral de los procesos de mantenimiento que lleva a cabo la empresa a los equipos.
Nombres y apellidos del experto	Antonio Ocaña Salazar
Documento de identidad	20036155
Años de experiencia del área	22 años
Maximo Grado Académico	Ingeniero mecanico
Nacionalidad	Peruano
Institución	Universidad Nacional del Centro
Cargo	Jefe de Mantenimiento - SEPROCAL
Número telefónico	941428693
Firma	 OPERACIONES SEPROCAL S.A. JEFE DE MANTENIMIENTO UNIDAD MARSA

Ficha de validación de contenido del instrumento

Revisión documentaria: Hoja gráfica de revisión documentaria

Nombre del instrumento	Hoja gráfica de revisión documentaria
Objetivo del instrumento	conocer los planes de mantenimiento que se realizan para cada uno de los equipos presentes.
Nombres y apellidos del experto	Antonio Ocaña Salazar
Documento de identidad	20036155
Años de experiencia del área	22 años
Maximo Grado Académico	Ingeniero mecanico
Nacionalidad	Peruano
Institución	Universidad Nacional del Centro
Cargo	Jefe de Mantenimiento - SEPROCAL
Número telefónico	941428693
Firma	

Ficha de validación de contenido del instrumento

Cuestionario: Gestion de mantenimiento

Nombre del instrumento	Cuestionario
Objetivo del instrumento	Conocer el proceso de mantenimiento que realizan cada uno de los operarios.
Nombres y apellidos del experto	Antonio Ocaña Salazar
Documento de identidad	20036155
Años de experiencia del área	22 años
Maximo Grado Académico	Ingeniero mecanico
Nacionalidad	Peruano
Institución	Universidad Nacional del Centro
Cargo	Jefe de Mantenimiento - SEPROCAL
Número telefónico	941428693
Firma	 OPERACIONES SEPROCAL S.A. JEFE DE MANTENIMIENTO UNIDAD MARSA

Ficha de validación de contenido del instrumento

Entrevista: Gestion de mantenimiento basado en analisis multicriterios

Nombre del instrumento	Entrevista
Objetivo del instrumento	Conocer la información que tienen al respecto, los operarios y supervisores de la empresa en el área de mantenimiento con relación a la gestión de mantenimiento basado en el análisis multicriterio.
Nombres y apellidos del experto	Antonio Ocaña Salazar
Documento de identidad	20036155
Años de experiencia del área	22 años
Maximo Grado Académico	Ingeniero mecanico
Nacionalidad	Peruano
Institución	Universidad Nacional del Centro
Cargo	Jefe de Mantenimiento - SEPROCAL
Número telefónico	941428693
Firma	

Ficha de validación de contenido del instrumento

Observacion: Hoja gráfica de operación

Nombre del instrumento	Hoja gráfica de Operación
Objetivo del instrumento	Información registral de los procesos de mantenimiento que lleva a cabo la empresa a los equipos.
Nombres y apellidos del experto	Danny Mercado Gamarra
Documento de identidad	46960597
Años de experiencia del área	7,5 años
Maximo Grado Académico	Ingeniero Mecanico
Nacionalidad	Peruano
Institución	Universidad Nacional del Centro del Perú
Cargo	Planner de Mantenimiento
Número telefónico	986126384
Firma	 <p>OPERACIONES SEPROCAL S.A. ÁREA DE MANTENIMIENTO UNIDAD MARSA</p>

Ficha de validación de contenido del instrumento

Revisión documentaria: Hoja gráfica de revisión documentaria

Nombre del instrumento	Hoja gráfica de revisión documentaria
Objetivo del instrumento	conocer los planes de mantenimiento que se realizan para cada uno de los equipos presentes.
Nombres y apellidos del experto	Danny Mercado Gamarra
Documento de identidad	46960597
Años de experiencia del área	7,5 años
Maximo Grado Académico	Ingeniero Mecanico
Nacionalidad	Peruano
Institución	Universidad Nacional del Centro del Perú
Cargo	Planner de Mantenimiento
Número telefónico	986126384
Firma	 OPERACIONES SEPRUCAL S.A. ÁREA DE MANTENIMIENTO UNIDAD MARSA

Ficha de validación de contenido del instrumento

Cuestionario: Gestion de mantenimiento

Nombre del instrumento	Cuestionario
Objetivo del instrumento	Conocer el proceso de mantenimiento que realizan cada uno de los operarios.
Nombres y apellidos del experto	Danny Mercado Gamarra
Documento de identidad	46960597
Años de experiencia del área	7,5 años
Maximo Grado Académico	Ingeniero Mecanico
Nacionalidad	Peruano
Institución	Universidad Nacional del Centro del Perú
Cargo	Planner de Mantenimiento
Número telefónico	986126384
Firma	 <p>OPERACIONES SEPRONAL S.A. ÁREA DE MANTENIMIENTO UNIDAD MARSA</p>

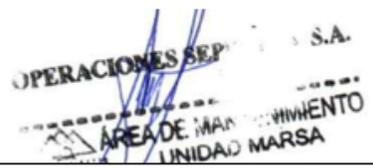
Ficha de validación de contenido del instrumento

Entrevista: Gestion de mantenimiento basado en analisis multicriterios

Nombre del instrumento	Entrevista
Objetivo del instrumento	Conocer la información que tienen al respecto, los operarios y supervisores de la empresa en el área de mantenimiento con relación a la gestión de mantenimiento basado en el análisis multicriterio.
Nombres y apellidos del experto	Danny Mercado Gamarra
Documento de identidad	46960597
Años de experiencia del área	7,5 años
Maximo Grado Académico	Ingeniero Mecanico
Nacionalidad	Peruano
Institución	Universidad Nacional del Centro del Perú
Cargo	Planner de Mantenimiento
Número telefónico	986126384
Firma	 <p>OPERACIONES SEPRUCAL S.A. ÁREA DE MANTENIMIENTO UNIDAD MARSÁ</p>

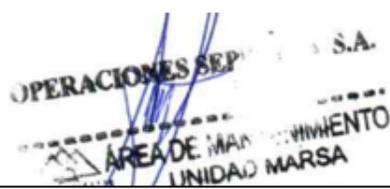
Ficha de validación de contenido del instrumento

Observacion: Hoja gráfica de operación

Nombre del instrumento	Hoja gráfica de Operación
Objetivo del instrumento	Información registral de los procesos de mantenimiento que lleva a cabo la empresa a los equipos.
Nombres y apellidos del experto	Jhovar Arellano Ponte
Documento de identidad	70672156
Años de experiencia del área	5 años
Maximo Grado Académico	Ingeniero Mecatrónico
Nacionalidad	Peruano
Institución	Universidad Nacional de Ingeniería
Cargo	Asistente de jefe de mantenimiento
Número telefónico	984354466
Firma	 The signature is written in blue ink. The stamp is a rectangular official seal with the text: "OPERACIONES SEP" at the top, "S.A." at the top right, "ÁREA DE MANTENIMIENTO" in the middle, and "UNIDAD MARSA" at the bottom. There are some illegible characters between "S.A." and "MANTENIMIENTO".

Ficha de validación de contenido del instrumento

Revision documentaria: Hoja gráfica de revisión documentaria

Nombre del instrumento	Hoja gráfica de revisión documentaria
Objetivo del instrumento	conocer los planes de mantenimiento que se realizan para cada uno de los equipos presentes.
Nombres y apellidos del experto	Jhovar Arellano Ponte
Documento de identidad	70672156
Años de experiencia del área	5 años
Maximo Grado Académico	Ingeniero Mecatrónico
Nacionalidad	Peruano
Institución	Universidad Nacional de Ingenieria
Cargo	Asistente de jefe de mantenimiento
Número telefónico	984354466
Firma	 The signature is in blue ink. The stamp is black and contains the text: OPERACIONES SEP... S.A., AREA DE MANTENIMIENTO, and UNIDAD MARSA.

Ficha de validación de contenido del instrumento

Cuestionario: Gestion de mantenimiento

Nombre del instrumento	Cuestionario
Objetivo del instrumento	Conocer el proceso de mantenimiento que realizan cada uno de los operarios.
Nombres y apellidos del experto	Jhovar Arellano Ponte
Documento de identidad	70672156
Años de experiencia del área	5 años
Maximo Grado Académico	Ingeniero Mecatrónico
Nacionalidad	Peruano
Institución	Universidad Nacional de Ingenieria
Cargo	Asistente de jefe de mantenimiento
Número telefónico	984354466
Firma	 OPERACIONES SEP... S.A. ÁREA DE MANTENIMIENTO UNIDAD MARSÁ

Ficha de validación de contenido del instrumento

Entrevista: Gestion de mantenimiento basado en analisis multicriterios

Nombre del instrumento	Entrevista
Objetivo del instrumento	Conocer la información que tienen al respecto, los operarios y supervisores de la empresa en el área de mantenimiento con relación a la gestión de mantenimiento basado en el análisis multicriterio.
Nombres y apellidos del experto	Jhovar Arellano Ponte
Documento de identidad	70672156
Años de experiencia del área	5 años
Maximo Grado Académico	Ingeniero Mecatrónico
Nacionalidad	Peruano
Institución	Universidad Nacional de Ingeniería
Cargo	Asistente de jefe de mantenimiento
Número telefónico	984354466
Firma	 <p>OPERACIONES SEP... S.A. ÁREA DE MANTENIMIENTO UNIDAD MARSA</p>



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, JORGE EDUARDO LUJÁN LÓPEZ, 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: "Gestión de mantenimiento basado en análisis multicriterio para incrementar la disponibilidad y confiabilidad de equipos trackless en la unidad minera MARSÁ.", cuyo autor es ORBEGOSO ALVAREZ ROBERTO WINKLER, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 14.00%, 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
JORGE EDUARDO LUJÁN LÓPEZ DNI: 17897692 ORCID: 0000-0003-1208-1242	Firmado electrónicamente por: JLUJAN el 15-12- 2022 08:40:06

Código documento Trilce: TRI - 0475707