

Preventive maintenance to increase the availability of the production machines of Novagro-Ag S.A.C. Trujillo - Peru.

Cárdenas-García Carlos Francisco, Bachiller en Ingeniería Industrial¹, Guevara-Castro José Alberto Francisco, Bachiller en Ingeniería Industrial², Miñan-Olivos Guillermo Segundo, Magíster en Gestión Pública³, Valderrama-Puscan Marlon Walter, Magíster en Educación⁴ y Rivera-Ramírez Ydania Vanessa, Maestra en Docencia Universitaria⁵

^{1,2,3,4,5}Universidad Privada del Norte, Perú, N00193017@upn.pe, N00193538@upn.pe, guillermo.minan@upn.pe, marlon.valderrama@upn.pe, ydania.rivera@upn.pe

Abstract– The objective of this study was to implement the preventive maintenance program to increase the availability of the production machines of the company NOVAGRO-AG S.A.C.-Trujillo -2022. The research had a quantitative approach, was applied, with an explanatory level and Preexperimental design. Techniques such as observation and documentary analysis were used. In addition, a convenience sampling was applied to the critical machinery. As a result of the study, the powder mixer was identified as the machinery with the highest level of criticality and a Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) was applied on it. Finally, the implementation of a preventive maintenance program allowed to increase the availability of the Powder Mixer in the production area of NOVAGRO-AG S.A.C. - Trujillo - 2022, which went from an initial availability of 87.35% to a final availability of 95.02%.

Keywords-- maintenance, preventive, plan, AMEF

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

Mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de las máquinas de producción de la empresa Novagro-Ag S.A.C. Trujillo - Perú

Cárdenas-García Carlos Francisco, Bachiller en Ingeniería Industrial¹, Guevara-Castro José Alberto Francisco, Bachiller en Ingeniería Industrial², Miñan-Olivos Guillermo Segundo, Magíster en Gestión Pública³, Valderrama-Puscan Marlon Walter, Magíster en Educación⁴ y Rivera-Ramírez Ydania Vanessa, Maestra en Docencia Universitaria⁵

^{1,2,3,4,5}Universidad Privada del Norte, Perú, N00193017@upn.pe, N00193538@upn.pe, guillermo.minan@upn.pe, marlon.valderrama@upn.pe, ydania.rivera@upn.pe

Resumen – El presente estudio tuvo el objetivo de implementar el programa de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de las máquinas de producción de la empresa NOVAGRO-AG S.A.C.-Trujillo -2022. La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, fue de tipo aplicada, con un nivel explicativo y de diseño Preexperimental. Se utilizaron técnicas como la observación y el análisis documental. Asimismo, se aplicó un muestreo por conveniencia sobre la maquinaria crítica. Como resultado del estudio, se identificó la mezcladora de polvo como la maquinaria con mayor nivel de criticidad y sobre la misma se aplicó un Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF). Finalmente, la implementación de un programa de mantenimiento preventivo permitió incrementar la disponibilidad de Mezcladora de Polvo en el área de producción de la empresa NOVAGRO-AG S.A.C. – Trujillo – 2022, la cual paso de una disponibilidad inicial de 87.35% a una final de 95.02%.

Palabras clave-- mantenimiento, preventivo, plan, AMEF

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las empresas más innovadoras compran equipos de monitoreo para su maquinaria, lo que les permite realizar un mantenimiento predictivo y preventivo, realizando una inversión inicial con la intención de evitar gastos futuros, como reparaciones costosas o pérdidas de producción. El tiempo de inactividad no planificado y el mantenimiento de emergencia está representado por el 90 %, la infraestructura y las tecnologías de información obsoletas con un 88 % y los ciclos de mantenimiento con un 24 %, son los principales puntos débiles para las empresas europeas. Es así como las compañías industriales utilizan el mantenimiento preventivo en un 88 % del tiempo, aunque un 52% prefiere usar las maquinarias hasta la falla mientras que el 40% usa herramientas analíticas y un 22% aplica el mantenimiento centrado en la confiabilidad [1].

En la región de América Latina, específicamente en México, una encuesta realizada por Aberdeen Research, dio como resultado que el 82% de las empresas involucradas presentaban interrupciones en el trabajo, que generalmente duraban cuatro horas y costaban aproximadamente \$250,000 por hora. El 32% de ellos incurrió en una pérdida de producción como resultado, el 47% no pudo entregar sus productos y estuvo sujeto a multas y rescisión de contrato. Además, el 27% de ellos no pudo solucionar el problema, lo

que aumentó el costo de las reparaciones. Añadiendo a ello, debido a la falta de conocimiento y capacitación, el 30% de las operaciones de mantenimiento preventivo se completaban rutinariamente más rápido de lo necesario o con demasiada frecuencia. Las estimaciones sugieren eliminar el 60% de las horas dedicadas al mantenimiento preventivo o detenerlo por completo para que de esa manera se pueda ser más eficiente en las operaciones productivas [2].

En el Perú, la falta de trabajo respecto al mantenimiento preventivo tiene incidencia en alrededor del 20% en los accidentes industriales, mientras que el 15% de los cuales tienen repercusiones catastróficas [3]. Es por ello por lo que el mantenimiento preventivo es de gran importancia en una empresa industrial, ya que además de prolongar la vida útil de los aparatos o equipos, las revisiones y medidas preventivas respaldan el compromiso permanente de cada proyecto con la seguridad de los trabajadores. Asimismo, por ejemplo, si se desea aumentar del 40 al 50% de eficiencia invirtiendo en mantenimiento, no se debería escatimar, ya que a largo plazo es una buena inversión [4].

La empresa NOVAGRO-AG S.A.C. se encuentra ubicada en la ciudad de Trujillo (Perú), y presenta una problemática relacionada a sus equipos, ya que la compañía tiene prioridad por la producción antes que el mantenimiento de sus máquinas porque se espera a que los equipos tengan mal funcionamiento para recién aplicar medidas de reparación, perjudicando la producción, además de generar molestias en los usuarios por la falta de cumplimiento de su labor en el tiempo debido. Por ende, se planteó la siguiente pregunta de investigación ¿en qué medida, implementar un programa de mantenimiento preventivo incrementa la disponibilidad de máquinas de producción de la empresa NOVAGRO-AG S.A.C.?

II. METODOLOGÍA

En la presente investigación, se consideró necesario emplear el enfoque de estudio de tipo cuantitativo, según Hernández [5] el enfoque cuantitativo, es un proceso secuencial, deductivo y probatorio, se apoya de la recopilación de información para probar teorías o hipótesis en base a cálculos matemáticos y a través de análisis estadísticos. Asimismo, según el conocimiento perseguido de la investigación fue de tipo aplicada, ya que, de acuerdo con

Esteban [6] la investigación aplicada busca poner en práctica los conocimientos obtenidos y a la vez se encamina a lograr un nuevo conocimiento que facilite proporcionar alternativas de solución a problemas prácticos.

Por otra parte, según el alcance de la investigación fue de tipo explicativo, pues, conforme a Hernández, Collado, & Lucio [7] la investigación explicativa es aquella que busca describir o aproximarse al problema e intenta definir las causas de este y se vale de diseños tanto experimentales y los no experimentales.

Además, según el diseño de la investigación, es experimental, de tipo preexperimental. Según, Esteban [6] en el diseño de investigación experimental los datos se consiguen mediante la observación de hechos condicionados por el indagador, se actúa sobre una la variable independiente y se aguarda la respuesta de la variable dependiente. Por otro lado, según Arias [7] el diseño Preexperimental es una prueba o ensayo que se efectúa antes de realizar el experimento verdadero, su mayor limitación es el poco control que tiene sobre el proceso, es por ello por lo que su valor científico obtenido es cuestionable y refutable.

Debido al área de aplicación de la investigación, se consideró necesario trabajar con una población finita, pues, se conoce la cantidad de máquinas que conforman el estudio, estuvo compuesta por las máquinas operativas en el área de producción en la empresa NOVAGRO-AG S.A.C., de enero a diciembre del 2022. Arias [7] considera a la población finita como una agrupación en el cual se conoce el número de unidades que lo conforman. Asimismo, se cuenta con un registro documental de las unidades.

Por otro lado, de acuerdo con la muestra, se utilizó el muestreo no probabilístico, pues, se vio necesario utilizar la maquinaria del área de producción de NOVAGRO-AG S.A.C. (8 máquinas) que estuvieron involucrados directamente y, además, laboraron en el área de mantenimiento de enero a diciembre del 2022. En un muestreo no probabilístico el investigador escoge los elementos apoyándose en un juicio subjetivo [8]. Para el presente estudio, el criterio de selección estuvo enfocado en la criticidad de cada maquinaria.

Para precisar la muestra se emplearon algunos criterios de inclusión en el cual se tuvo en cuenta a las maquinarias que estuvieron relacionados directamente con el área de producción, que estén operativas y de uso frecuente. Por otro lado, se excluyeron a todos las maquinarias ajenas al área de producción. La técnica de muestreo no probabilística empleada en la investigación para la recolección de datos fue el tipo conveniencia. El muestreo por conveniencia ayuda a seleccionar aquellos casos asequibles que aprueben ser incluidos. Se fundamenta en la factibilidad y proximidad de los sujetos para el indagador [9].

Por otro lado, las técnicas utilizadas para recolectar datos para la investigación fueron: la observación y el análisis documental. Por consiguiente, la investigación utilizó instrumentos de recolección de datos tales como: la guía de observación, el método de observación es una secuencia de toma de información obtenidas a través de la percepción. Por

último, se hizo uso de la ficha de registro [10], la ficha de registro permite la recopilación de datos de las distintas fuentes consultadas en los diversos recintos tales los formatos de producción y de mantenimiento [11].

El desarrollo de la investigación inició contactando al Gerente Administrativo de la empresa NOVAGRO-AG S.A.C. para explicarle sobre los beneficios generados del programa de mantenimiento preventivo en empresas que optaron por su implementación en sus áreas de trabajo, asimismo, debido que se conocía la problemática de la indisponibilidad de la máquinas retrasaba los objetivos del área de producción, puesto que, uno de los artífices del desarrollo del trabajo labora en el área antes mencionada, es por ello que como paso siguiente fue solicitarle la autorización para llevar a cabo un análisis más detallado de las causas que originaban la curva negativa en el gráfico del indicador de la disponibilidad de las máquinas de producción, posteriormente elaborar un plan de acción haciendo uso de la implementación del programa de mantenimiento preventivo y de esta manera buscar corregir la curva de decrecimiento de la disponibilidad.

Con la autorización por parte del gerente, se programaron visitas al área de producción de la empresa NOVAGRO-AG S.A.C., apoyados en una guía de observación, se hizo un recorrido de toda el área y se recolecto información del proceso productivo del área, la distribución de las maquinas, el tiempo de realización de cada una las actividades, el orden y limpieza de los diferentes espacios al interior del área. Asimismo, mediante una ficha de registro se hizo una evaluación de la documentación brindada por gerencia como: costos, ratios de productividad de los últimos años, entre otros. Como paso siguiente después de la recopilación de la información, se realizó el diagrama de Pareto para determinar las principales causas de la problemática de la indisponibilidad de las máquinas y el impacto negativo que generaban a la disponibilidad de las máquinas en el área de producción.

Se evaluó el nivel de criticidad de cada una de las máquinas de la empresa y de cada parte de la máquina seleccionada como critica. Los criterios que se consideraron para cada maquina fueron (Tabla I): Frecuencia de Fallas, Horas de Producción, Tiempo de reparación, Impacto de producción por fallas, Costo de reparación, Impacto sobre la seguridad, Impacto Ambiental e Impacto de la satisfacción al cliente. Los niveles de criticidad se establecieron de la siguiente manera: 0 a 15 (nivel bajo), 16 a 24 (nivel medio) y de 25 a 35 (nivel alto)

TABLA I
ESCALA DE VALORES PARA LA CRITICIDAD DE CADA MAQUINA

Tabla de valores de criticidad	
Frecuencia de Fallas	Puntaje
0-10	1
10-30	3
30-50	4
50 - +	6
Impacto de operaciones	
Horas de Producción	Puntaje

0-200	3
201-500	6
551-850	9
850-+	12
Tiempo de reparación	Puntaje
menos de 1 hora	1
1 - 2.5 horas	4
2.5-4.5 horas	6
más de 4.5 horas	8
Impacto de producción por fallas	Puntaje
No afecta	0.05
25%	0.3
50%	0.5
75%	0.8
Impacto total	1
Costo de reparación	Puntaje
menor a 0.5 media de costo mantenimiento	3
0.5 - 0.6 media de costo mantenimiento	5
0.6-0.8 media de costo mantenimiento	10
0.8 a más media de costo mantenimiento	25
Impacto sobre la seguridad	Puntaje
Si	35
No	0
Impacto Ambiental	Puntaje
Si	30
No	0
Impacto satisfacción al cliente	Puntaje
No aplica	0
Baja	5
Media	10
Alta	20

Los criterios que se consideraron para evaluar cada componente de la maquina critica fueron (Tabla II): Utilización del equipo, Equipo auxiliar, Influencia sobre el proceso, Costo de Mantenimiento, Horas de paro, Grado de Especialista y Seguridad. Los niveles de criticidad por componente se establecieron de la siguiente manera: menos de 250 (nivel bajo), 250 a 400 (nivel medio) y más de 400 (nivel alto)

TABLA II
ESCALA DE VALORES PARA LA CRITICIDAD DE CADA COMPONENTE POR MAQUINA

Utilización del equipo	Puntaje
Más del 80%	4
50% a 80%	2
Menos del 50%	1
Equipo auxiliar	
Sin reemplazo	5
Tiene equipos de la misma clase	4
Tiene equipos duplicados	1
Influencia sobre el proceso	
Paro del proceso	5
Influencia importante	4
Influencia relativa	3
Influencia en la calidad del servicio	
Decisiva	5
Importante	4

Sensible	3
Nula	2
Costo de Mantenimiento	
Elevado	4
Medio	2
Reducido	1
Horas de paro	
Elevado	4
Medio	2
Bajo	1
Grado de Especialista	
Especialista	4
Normal	2
Sin especialista	1
Seguridad	
Riesgo mortal	5
Riesgo medio	4
Riesgo bajo	3
Sin riesgo	1

Posteriormente, se procedió a implementar el programa de mantenimiento preventivo en el área de producción en NOVAGRO-AG S.A.C., teniendo en cuenta el ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar) orientados a la mejora de la disponibilidad. Finalmente, se realizó una evaluación comparativa entre la disponibilidad inicial y final para determinar si se logró una diferencia estadísticamente significativa.

III. RESULTADOS

La evaluación inicial pudo determinar que el Mezclador de Polvo era la máquina con mayor nivel de criticidad al haber alcanzado un puntaje de 34 (Tabla III). Asimismo, el motor del Mezclador de Polvo presentó la criticidad más elevada de los componentes al haber obtenido un puntaje de 402 y por su elevado impacto ambiental (Tabla IV).



Fig. 1 Mezclador de polvo de la empresa Novagro-Ag S.A.C.

Un mezclador de polvo es un tipo de equipo utilizado para mezclar materiales secos en un proceso de producción. Se utiliza comúnmente en la industria alimentaria, farmacéutica, química y de plásticos para producir una mezcla homogénea de diferentes componentes en polvo. Actúa como contenedor, se deriva por cañerías a colocarlos en presentaciones según lo requerido por el cliente (bidones de 20 litros/botellas y de 1 litro/contenedor de 200 litros)

TABLA III
EVALUACIÓN INICIAL PARA DETERMINAR LA CRITICIDAD DE CADA MÁQUINA

MAQUINARIA	PRODUCCIÓN			CALIDAD	MANTENIMIENTO			SEGURIDAD	Criticidad
	Tasa de utilización	Equipo auxiliar	Influencia sobre el proceso	Influencia en la calidad del servicio	Costo mensual de Manto	Horas de paro al mes	Grado de especialista	Influencia en la seguridad	
Llenadora de líquidos	4	4	3	3	2	4	2	1	23
Llenadora de polvos	4	5	3	3	2	2	2	3	24
Llenadora de gránulos	4	5	3	3	2	2	2	3	24
Selladora de bolsas	4	5	3	3	1	2	2	1	21
Mezcladora de polvo	4	5	4	5	4	4	4	4	34
Tanque mezclador de líquido	4	4	4	3	2	2	2	1	22
Mezclador de líquido de mesa	4	4	4	3	4	2	2	1	24
Mezclador de líquido sin tanque	2	4	4	3	4	2	2	3	24

TABLA IV
EVALUACIÓN INICIAL PARA DETERMINAR LA CRITICIDAD DE LOS COMPONENTES DEL MEZCLADOR DE POLVO

Partes	Horas	Tiempo de reparación	Impacto producción	Costo de reparación	Impacto seguridad	Impacto Ambiental	Impacto Satisfacción	Frecuencia fallas	Criticidad
Motor	12	1	1	5	0	30	20	6	402
Válvulas y compuertas	12	1	0.3	3	35	0	5	4	186.4
Cámara de mezcla	12	4	0.8	3	35	0	10	4	345.6
Tornillos de dosificación	12	4	0.3	3	35	0	5	3	172.2
Alimentadores vibratorios	12	4	0.5	5	0	0	20	4	196

En la Figura 2, se proporcionan datos de fallas en relación con las horas trabajadas del Mezclador de Polvo. En promedio, se trabajan 7.59 horas al día y se registran 0.9 fallas por día. La mayoría de los días observados registraron entre 0 y 2 fallas. Asimismo, se puede observar una tendencia hacia una mayor cantidad de fallas en días en los que se trabajan más horas.

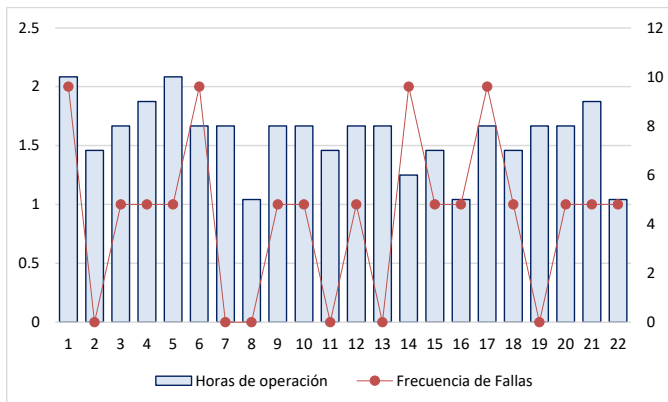


Fig. 2 Horas de operación y frecuencia de fallas del Mezclador de Polvo

La disponibilidad inicial mostró una distribución promedio de 87.35% y con una mediana de 88.89%. La desviación estándar era de 11.73%, lo que indica que hay cierta variabilidad en los datos. El rango de los datos presentó un mínimo de 60.00% hasta un máximo de 100.00%. En general, estos resultados indican que la disponibilidad tiene un promedio alto, pero también una cierta cantidad de

variabilidad en los datos. Otro dato importante para considerar es que cada 6 de 10 días la disponibilidad estuvo por debajo del 90% (Figura 3)

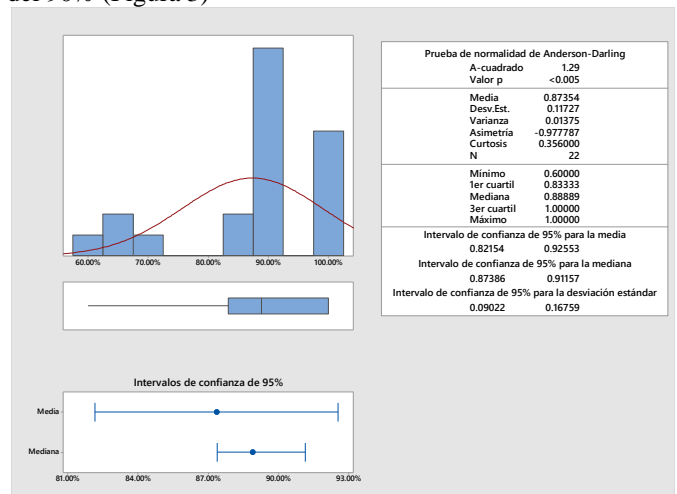


Fig. 3 Análisis estadístico de la disponibilidad inicial del Mezclador de Polvo

Posteriormente, se desarrolló un Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF) con la finalidad de reducir la presencia de fallas e incrementar la disponibilidad (Tabla V). A partir de este análisis se implementó el plan de mantenimiento preventivo para 200, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1600, 2000 y 2400 horas de operación. Inicialmente, en promedio, se calculó un Número de Prioridad de Riesgo de 204 el cual pudo reducirse a 24.6.

TABLE V
ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE FALLAS (AMEF) CORRESPONDIENTE AL MEZCLADOR DE POLVO

AMEF															
Nombre de Producto: MEZCLADOR DE POLVO		Preparado por:													
Encargado: PRODUCCIÓN		FMEA Fecha (Orig):													
Partes que fallan en la maquinaria	Modos de Falla Potenciales	Efectos de Fallas Potenciales	SEV	Causas Potenciales	OCU	Controles de Ocurrencia	DET	NPR	Acciones Recomendadas	Responsable	Acciones Implementadas	SEV	OCU	DET	NPR
¿Cuáles son las partes de la maquinaria?	¿De qué maneras puede fallar dicho paso del proceso?	¿Cuál es el impacto de las variables de los pasos clave cuando hay un fallo (cliente o requerimientos internos)?	¿Qué tan severo es el efecto para el cliente?	¿Qué causa que el paso clave falle?	¿Qué tan seguido ocurre la causa o Modo de Fallo?	¿Cuáles son los controles existentes y procedimientos preventivos de Causa o Modo de Falla?	¿Qué también pueden detectar la Causa o Modo de Fallo?		¿Cuáles son las acciones para reducir la Ocurrencia de la Causa o mejorar la Detección?	¿Quién es responsable de las acciones recomendadas?	Anotar las acciones implementadas. Incluye fecha de competición.				
Motor	Rodajes gastados	Moderado- El fallo produce molestias e insatisfacción	7	El uso continuo y sin mantenimiento	6	El sonido que tiene el motor o la falta de potencia	4	168	Revisión cada 200 horas de trabajo	El jefe de mantenimiento	Se cambio los rodajes	3	4	3	36
	Daño del ventilador	Baja- presenta cierto fastidio al oído	5	El uso continuo y sin mantenimiento	6	El sonido que tiene el motor o la falta de potencia	4	120	Revisión cada 200 horas de trabajo	El jefe de mantenimiento	Se arreglo el ventilador	3	5	3	45
Válvulas y compuertas	atascamiento	Elevado- El fallo es critico	8	Ingresar mal los productos y el uso continuo	6	Cuando no se puede seguir trabajando	5	240	Capacitar al personal para el correcto ingreso de la materia prima	Operarios	Se arreglo las compuertas	1	3	2	6
Tornillos de dosificación	Desgaste	Moderado- El fallo produce molestias e insatisfacción	7	El uso continuo y sin mantenimiento	6	El sonido y el aflojamiento	4	168	Cambio de tornillos	Jefe de mantenimiento	Se cambio los tornillos	2	4	2	16
Alimentadores vibratorios	Desgaste	Elevado- El fallo es critico	9	El uso continuo y sin mantenimiento	6	El producto no sale como debe ser	6	324	Cambio de vibradores	Jefe de mantenimiento	Se cambio los vibradores	2	5	2	20

IV. CONCLUSIONES

La Figura 4 muestra que la disponibilidad mejoró luego de haber aplicado las acciones correctivas del Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF) y de haber estipulado acciones preventivas según las horas ejecutadas por la maquinaria. El número de fallas se redujo a 11 durante 22 días de observación lo cual propició una disponibilidad recurrente con baja variabilidad igual o por encima al 90%.

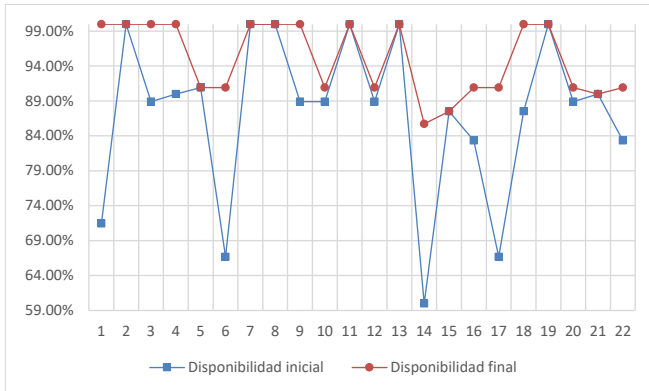


Fig. 4 Comparación de la disponibilidad de la Mezcladora de Polvo

El cálculo de la disponibilidad permitió establecer una diferencia promedio equivalente al 7.67%. Adicionalmente, se realizó una evaluación estadística para determinar si dicha variación era significativa.

Los datos mostraron una distribución normal ($p > 0.05$); en ese sentido, la diferencia estadística se estableció mediante una prueba t para 2 muestras independientes, con un nivel de significancia del 5% (p valor) y a partir de los siguientes parámetros:

μ_1 : media de la disponibilidad inicial por día

μ_2 : media de la disponibilidad final por día

Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$

La Figura 5 muestra que la diferencia calculada previamente si es estadísticamente significativa y se debe aceptar la hipótesis alternativa debido a que el valor p experimental es inferior a 0.05 (5%); es decir, solo existe un 0.4% de probabilidad de error al rechazar la hipótesis nula que indicaba que μ_1 : media de la disponibilidad inicial es igual a μ_2 : media de la disponibilidad final.

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 < 0$

Valor T	GL	Valor p
-2.80	29	0.004

Fig. 5 Prueba t para 2 muestras independientes (Minitab 18)

Nota: No se presupuso igualdad de varianzas para este análisis

La implementación de un programa de mantenimiento preventivo permitió incrementar la disponibilidad de Mezcladora de Polvo en el área de producción de la empresa NOVAGRO-AG S.A.C. – Trujillo – 2022, la cual paso de una disponibilidad inicial de 87.35% a una final de 95.02%.

Se diseñó un programa de mantenimiento preventivo que se implementó al cumplir determinadas horas de funcionamiento en base a lo estipulado a un Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF) el cual permitió calcular el Número de Prioridad de Riesgo de cada uno de los componentes de la Mezcladora de Polvo.

En ese sentido, el plan de mantenimiento preventivo permitió diseñar acciones específicas para evitar las paradas inesperadas y para reducir los tiempos de reparación de entre cada una de las fallas. Por otro lado, un mantenimiento preventivo también facilitar la identificación de requerimientos clave como el uso de repuestos y estrategias logísticas para no quedar desabastecidos ante cualquier incidencia o actividad planificada.

REFERENCIAS

- [1] Infraspak (2021). Estadísticas de Mantenimiento [2018-2021]: Desafíos, Tendencias y Métricas. <https://blog.infraspak.com/es/estadisticas-de-mantenimiento/>
- [2] Alcántara, V. (2019). ¿Cuál es el impacto económico del mantenimiento? Vanguardia Industrial. <https://www.vanguardia-industrial.net/cual-es-el-impacto-economico-del-mantenimiento/>
- [3] Profesionales en Maquinaria Pesada (2021). Mantenimiento Preventivo. Pro MP. <https://www.promp.com.pe/servicios/mantenimiento-preventivo-maquinaria/>
- [4] Proteval (2021). ¿El mantenimiento de la maquinaria industrial es un gasto o una inversión? <https://proteval.com/el-mantenimiento-de-la-maquinaria-industrial-es-un-gasto-o-una-inversion/?reload=206592>
- [5] Hernández, L., & Malaver, J. (2019). Diseño de un plan de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de máquinas en la empresa Cerámicos Cajamarca S.R.L. – 2019. Tesis de pregrado. Universidad Privada del Norte.
- [6] Esteban, N. (2013). Tipos de investigación. Lima: Repositorio Institucional Universidad Santo Domingo de Guzmán. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/250080756.pdf>
- [7] Hernández, R., Collado, C., & Lucio, P. (2010). Metodología de la investigación. México: Mc Graw Hill Interamericana.
- [8] Arias, B. (2016). Gestión de inventarios y almacenamiento. Revista Runiremington, 1(1), 15-33.
- [9] Tamayo, M. (2007). El proceso de la investigación científica. México: Editorial Limusa.
- [10] Saucedo, E. (2022). Plan de mantenimiento preventivo y disponibilidad de generadores eléctricos en una empresa minera. Tesis de pregrado. Universidad Cesar Vallejo. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/94861/Saucedo_AER-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [11] Quiñones, J. (2020). Aplicación de la gestión de inventarios para reducir costos logísticos de una empresa comercializadora de insumos pecuarios. Lima: [Tesis Licenciatura] Universidad San Ignacio de Loyola. Obtenido de <https://repositorio.usil.edu.pe/items/22a64c62-25d9-44df-93c7-ac67548766c0>
- [12] Peña, O., & Silva, R. (2018). Factores incidentes sobre la gestión de sistemas de inventario en organizaciones venezolanas. Revista Telos, 1(18), 187-207. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/993/99345727003.pdf>